



TUGAS AKHIR - (RC14-1501)

**DESAIN *CYLINDER PILE* UNTUK STRUKTUR  
*GIANT SEA WALL* JAKARTA DENGAN BEBAN  
DINAMIS**

AKMILIA ASWARINI  
NRP. 3114100022

Dosen Pembimbing I :  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD.

Dosen Pembimbing II :  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng

DEPARTEMENT TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



TUGAS AKHIR - (RC14-1501)

**DESAIN *CYLINDER PILE* UNTUK STRUKTUR  
*GIANT SEA WALL* JAKARTA DENGAN BEBAN  
DINAMIS**

AKMILIA ASWARINI  
NRP. 3114100022

Dosen Pembimbing I :  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD.

Dosen Pembimbing II :  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng

DEPARTEMENT TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



FINAL PROJECT - (RC14-1501)

**CYLINDER PILE DESIGN FOR GIANT SEA WALL  
JAKARTA STURCTURE WITH DYNAMIC LOAD**

AKMILIA ASWARINI  
NRP. 3114100022

Academic Supervisor I :  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD.

Academic Supervisor II :  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Environmental, and Potential  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2018

**DESAIN *CYLINDER PILE* UNTUK STRUKTUR  
*GIANT SEA WALL* JAKARTA DENGAN BEBAN  
DINAMIS**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**AKMILIA ASWARINI**  
NRP. 3114100022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD  Pembimbing I

2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng.  Pembimbing II



**SURABAYA  
JANUARI, 2018**

# **DESAIN *CYLINDER PILE* UNTUK STRUKTUR *GIANT SEA WALL* JAKARTA DENGAN BEBAN DINAMIS**

**Nama** : Akmilia Aswarini  
**NRP** : 3114100022  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD.  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng

## **Abstrak**

*Giant Sea Wall Jakarta merupakan tanggul penahan yang dibangun di teluk Jakarta untuk melindungi wilayah utara pesisir dari erosi dan pasang-surut air laut yang menyebabkan banjir rob. Selain itu, Giant Sea Wall Jakarta juga berfungsi sebagai dinding penahan tanah reklamasi. Strukturnya berbentuk sheet pile. Dari data perencanaan Giant Sea Wall Jakarta oleh PT. WIKA Beton, ditemukan bahwa pembebanan yang direncanakan hanya akibat beban statis yaitu beban tambahan sebesar 15 kN/m<sup>2</sup> di atas tanah reklamasi. Struktur tidak direncanakan terhadap beban dinamis yaitu kemungkinan terjadinya gempa. Struktur ini akan dijadikan sebagai preliminary desain. Struktur akan didesain secara elastis. Dari hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa momen terbesar ialah akibat beban dinamis dengan cara analitis yaitu 2391,7 kNm/m dengan panjang cylinder pile 24 m dan diameter 1,2 m. Pada analisa penampang didapatkan tegangan pratekan saat peralihan -18,29 MPa. Setelah dihitung momen crack penampangnya, didapat lebih besar dari momen yang terjadi yaitu sebesar 2784,5 kNm/m. Sehingga preliminary desain sebelumnya dapat digunakan untuk struktur Giant Sea Wall Jakarta.*

**Kata kunci** : *Giant Sea Wall, Sheet Pile, Cylinder Pile*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **CYLINDER PILE DESIGN FOR GIANT SEA WALL JAKARTA STRUCTURE WITH DYNAMIC LOAD**

**Name** : Akmlia Aswarini  
**NRP** : 3114100022  
**Department** : Civil Engineering FTSLK-ITS  
**Supervisors** : Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD.  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng

## **Abstract**

*Giant Sea Wall Jakarta is a retaining embankment built in the bay of Jakarta to protect the northern coastal areas from erosion and tidal seawater causing rob floods. In addition, Giant Sea Wall Jakarta also serves as a retaining wall of reclaimed land. The structure's form is sheet pile. From the data planning of Giant Sea Wall Jakarta by PT. WIK A Beton, it was found that the planned loading was only due to the static load which was an additional load of 15 kN/m<sup>2</sup> on the reclaimed soil. Unplanned structure to dynamic load is the possibility of an earthquake. This structure will serve as a preliminary design. The structure will be elastically designed. From the results of the analysis that has been done, it can be concluded that the biggest moment is due to dynamic load with an analytical way that is 2391,7 kNm / m with 24 m long cylinder pile and 1.2 m in diameter. In the cross-sectional analysis, a prestressing is obtained at -18.29 MPa. After calculated crack moment of cross section, got bigger than moment that happened that is equal to 2784,5 kNm / m. So the previous preliminary design can be used for the structure of Giant Sea Wall Jakarta.*

**Key Words** : Giant Sea Wall, Sheet Pile, Cylinder Pile

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“DESAIN *CYLINDER PILE* UNTUK STRUKTUR *GIANT SEA WALL* JAKARTA DENGAN BEBAN DINAMIS”** ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat menyelesaikan program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dikarenakan adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik dukungan moril maupun materil, karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT
2. Alm. Bapak Siswanto dan Ibu Fitri Rohidah selaku orang tua saya beserta seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moral maupun materi dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, Ms, PhD. dan Bapak Dr. Eng. Kriyo Sambodho ST., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan bimbingannya dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Qorinatus Tsaniyah, sahabat saya yang selalu mensupport saya baik dari segi moral dan finansial.
5. Firly Ayu Agus Dian, Eka Putri Perwita Suci, dan Laras Huning yang selalu menemani dan menghibur saya dari awal kuliah hingga saya lulus.
6. Murdika Prayoga yang selalu menemani saya mengerjakan tugas hingga pagi, mendukung dan memotivasi dengan cara mencemooh. Sehingga saya bisa terpacu untuk menjadi lebih baik lagi.

7. Teman-teman angkatan S57 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Tanpa mereka, saya belum tentu bisa ada dititik ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan, karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, sehingga dapat menambah pengetahuan baru dan bermanfaat bagi yang membaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Dampak Gempa pada Sea Wall.....	7
2.3 Tiang Pancang Terkena Beban Lateral.....	9
2.4 Distribusi Regangan Tiang Pancang.....	11
2.5 Kurva Tegangan-Regangan Beton.....	12
2.6 Permodelan Seismik Interaksi Tanah dengan Struktur Menggunakan Program Plaxis.....	14
2.7 Tanah saat Terjadi Gempa.....	16
BAB III METODOLOGI.....	19
3.1 Bagan Alir Penyelsaian Tugas Akhir.....	19
3.2 Studi Literatur.....	20
3.3 Input Data.....	20
3.4 Menentukan Kebutuhan Panjang <i>Cylinder Pile</i> .....	25
3.4.1 Menghitung Panjang <i>Cylinder Pile</i> di Atas Tanah( $h_1$ ).....	25
3.4.2 Menghitung Panjang Penanaman <i>Cylinder Pile</i> (D).....	25
3.4.2.1 Menghitung Koefisien Tanah Aktif dan Pasif.....	25
3.4.2.2 Menghitung Tegangan Tanah Vertikal.....	26
3.4.2.3 Menghitung Tenggangan Tanah Horizontal.....	26
3.4.2.4 Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.....	26
3.4.2.5 Menghitung Panjang Penanaman (D).....	27

3.5 Menghitung Koefisien Seismik (k).....	27
3.6 Menghitung Beban Gelombang.....	30
3.7 Menghitung Tekanan Tanah saat Gempa.....	31
3.8 Menghitung Letak Titik Jepit ( $Z_f$ ).....	32
3.9 Efek Hidrodinamik.....	33
3.10 Permodelan Struktur dengan Software Plaxis.....	35
3.11 Permodelan Struktur menggunakan Software SAP 2000.....	55
3.12 Desain <i>Cylinder Pile</i> akibat Beban Dinamis.....	59
3.12.1 Penampang <i>Cylinder Pile</i> .....	59
3.12.2 Tulangan Longitudinal.....	60
3.12.3 Tulangan Pratekan.....	60
3.12.4 Rasio Penulangan.....	60
3.12.6 Kehilangan Gaya Prategang.....	61
3.13 Perhitungan Momen <i>Crack</i> .....	62
3.14 Penggambaran Desain <i>Cylinder Pile</i> .....	63
3.15 Kesimpulan dan Saran.....	63
BAB IV DATA DAN ANALISA.....	65
4.1 Lokasi dan Karakteristik Struktur <i>Sea Wall</i> .....	65
4.2 Karakteristik Material <i>Sea Wall</i> .....	67
4.2.1 Tegangan-Regangan Material Beton.....	67
4.2.2 Tegangan-Regangan Material Strand Baja.....	70
4.3 Karakteristik Gelombang.....	71
4.4 Karakteristik Gempa.....	75
4.5 Data Tanah.....	80
4.6 Perhitungan Kebutuhan Panjang <i>Cylinder Pile</i> .....	85
4.6.1 Panjang <i>Cylinder Pile</i> di Atas Permukaan Tanah ( $h_1$ ).....	86
4.6.2 Panjang <i>Cylinder Pile</i> yang dipancangkan ( $D$ ).....	87
4.7 Perhitungan Letak Jepit <i>Cylinder Pile</i> .....	101
4.8 Analisa Perhitungan Statis <i>Cylinder Pile</i> .....	102
4.8.1 Perhitungan Statis Analitis.....	102
4.8.2 Permodelan Statis dengan Plaxis 2D.....	105
4.9 Analisa Perhitungan Dinamis <i>Cylinder Pile</i> .....	110
4.9.1 Perhitungan Dinamis Analitis.....	110
4.9.2 Analisis Struktur Dinamis dengan Plaxis 2D.....	104

4.9.3 Perhitungan Dinamis dengan SAP 2000.....	129
BAB V DESAIN STRUKTUR.....	131
5.1 Karakteristik <i>Cylinder Pile</i> .....	131
5.2 Cek Rasio Penulangan.....	132
5.3 Geometri Penampang.....	134
5.4 Tegangan Saat Peralihan.....	134
5.5 Analisa Perhitungan.....	136
BAB VI PENUTUP.....	141
6.1 Kesimpulan.....	141
6.2 Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	xi
LAMPIRAN.....	xiv

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rencana Giant Sea Wall Jakarta (Mezzi,2016).....	1
Gambar 1.2 Karakteristik <i>Sheet Pile</i> Beton <i>Giant Sea Wall</i> Jakarta (Dokumen Perencanaan <i>Giant Sea Wall</i> Jakarta,2015).....	2
Gambar 1.3 <i>Displacement</i> pada <i>sea wall</i> pulau Mikagehama, Jepang (Cubrinovski,2000).....	4
Gambar 2.1 Dinding penahan dermaga di daerah Kobe : (a) geometri dinding; (b) pengamatan permanen <i>displacement</i> (Cubrinovski dan Ishihara, 2000).....	8
Gambar 2.2 Pembagian zona berdasarkan pengaruh dominan penyebaran atau perpindahan siklik (Cubrinovski dan Ishihara, 2000).....	8
Gambar 2.3 Pola kerusakan akibat 2 penyebab utama (Shamonto,dkk, 1995).....	9
Gambar 2.4 Momen tiang pancang akibat gaya aksial dan lateral (Budek dan Benzoni, 2009).....	10
Gambar 2.5 Disrtibusi regangan dan tegangan penampang silinder berongga (Tavio dan Kusuma, 2010).....	11
Gambar 2.6 Kurva tegangan-regangan beton. (FHWA, 2006)...	13
Gambar 2.7 Time histories gempa untuk Plaxis 2D (Tjie-Liong, dkk,2013).....	14
Gambar 2.8 Tegangan gempa total pada dinding besmen akibat beban dinamik (time historis)(Tjie-Liong, dkk,2013).....	15
Gambar 2.9 Letak <i>prescribed displacement</i> .....	16
Gambar 2.10 Penyederhanaan Lapisan Tanah.....	17
Gambar 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	19
Gambar 3.2 Denah Penampang <i>Sheet Pile</i> dan Konektor (Dokumen Perencanaan PT. WIKA Beton, 2015)...	24
Gambar 3.3 Potongan <i>Sheet Pile</i> dan Tanah Timbunan Sekitarnya (Dokumen Perencanaan PT. WIKA Beton, 2015).....	24

Gambar 3.4 Distribusi Beban Gelombang.....	31
Gambar 3.5 Efek Hidrodinamik pada Quay Wall.....	34
Gambar 3.6 Geometri Sea Wall di Plaxis 2D.....	36
Gambar 3.7 Input Material Tanah.....	37
Gambar 3.8 Geometri dengan Tanah yang Terdefinisi.....	38
Gambar 3.9 Input Properti Cilinder Pile.....	39
Gambar 3.10 Input Beban di Plaxis 2D.....	40
Gambar 3.11 Input <i>Interface</i> dan <i>Standart Fixitie</i> .....	41
Gambar 3.12 Input <i>Absorbent Boundary</i> Analisa Statis.....	42
Gambar 3.13 Input <i>Absorbent Boundary</i> Analisa Dinamis.....	42
Gambar 3.14 Input Prescribed Displacement .....	43
Gambar 3.15 Memberi Angker.....	44
Gambar 3.16 Pembagian Mesh.....	45
Gambar 3.17 Penggambaran Muka Air.....	46
Gambar 3.18 Pengaktifan Air Pori.....	46
Gambar 3.19 Permodelan Fase 1.....	47
Gambar 3.20 Permodelan Fase 2.....	48
Gambar 3.21 Permodelan Fase 3.....	49
Gambar 3.22 <i>Time Histories</i> 1.....	50
Gambar 3.23 <i>Time Histories</i> 2.....	50
Gambar 3.24 <i>Time Histories</i> 3.....	51
Gambar 3.25 <i>Time Histories</i> 4.....	51
Gambar 3.26 <i>Time Histories</i> 5.....	52
Gambar 3.27 <i>Time Histories</i> 6.....	52
Gambar 3.28 <i>Time Histories</i> 7.....	53
Gambar 3.29 <i>Time Histories</i> 8.....	53
Gambar 3.30 <i>Time Histories</i> 9.....	54
Gambar 3.31 <i>Time Histories</i> 10.....	54
Gambar 3.32 <i>Material Property</i> .....	55
Gambar 3.33 <i>Section Property</i> .....	56
Gambar 3.34 Geometri Struktur.....	57
Gambar 3.35 Pegas Tanah.....	58
Gambar 4.1 Letak <i>Giant Sea Wall</i> .....	65
Gambar 4.2 Layout <i>Sheet Pile</i> .....	66
Gambar 4.3 Potongan <i>Sheet Pile</i> .....	67



Gambar 4.4 Diagram tegangan-regangan beton $f'_c$ 52 MPa.....	68
Gambar 4.5 Tegangan-regangan beton akibat beban tarik.....	69
Gambar 4.6 Tegangan-regangan tarik beton <i>cylinder pile</i> .....	70
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Strand D 12,7 m.....	70
Gambar 4.8 <i>Significant Wave Height</i> Indonesia.....	72
Gambar 4.9 <i>Significant Wave Height</i> (dalam meter) Pulau Jawa saat Angin Muson Barat .....	74
Gambar 4.10 <i>Significant Wave Height</i> (dalam meter) Pulau Jawa saat Angin Muson Timur .....	74
Gambar 4.11 <i>Ring of Fire</i> (pubs.usgs.gov,2017).....	76
Gambar 4.12 <i>World Earthquake Hazard</i> .....	78
Gambar 4.13 Skema Geometri <i>Sea Wall</i> .....	85
Gambar 4.14 Tekanan Tanah Aktif <i>Short Term</i> .....	91
Gambar 4.15 Tekanan Tanah Pasif <i>Short Term</i> .....	92
Gambar 4.16 Tekanan Tanah Aktif <i>Long Term</i> .....	98
Gambar 4.17 Tekanan Tanah Pasif <i>Long Term</i> .....	99
Gambar 4.18 Distribusi Beban Gelombang.....	104
Gambar 4.19 Analisa Plaxis Fase 1.....	106
Gambar 4.20 Analisa Plaxis Fase 2.....	107
Gambar 4.21 Analisa Plaxis Fase 3.....	108
Gambar 4.22 Analisa Plaxis Statis Envelope.....	109
Gambar 4.23 Bidang Momen Analisa Statis di SAP 2000.....	110
Gambar 4.24 Penyederhanaan Lapisan Tanah Analisa Dinamis.....	111
Gambar 4.25 Diagram Efek Hidrodinamik.....	116
Gambar 4.26 <i>Time Histories</i> 1.....	118
Gambar 4.27 Analisa Plaxis Time Historis 1.....	118
Gambar 4.28 <i>Time Histories</i> 2.....	119
Gambar 4.29 Analisa Plaxis Time Historis 2.....	119
Gambar 4.31 <i>Time Histories</i> 3.....	120
Gambar 4.31 Analisa Plaxis Time Historis 3.....	120
Gambar 4.32 <i>Time Histories</i> 4.....	121
Gambar 4.33 Analisa Plaxis Time Historis 4.....	121
Gambar 4.34 <i>Time Histories</i> 5.....	122

Gambar 4.35 Analisa Plaxis Time Historis 5.....	122
Gambar 4.36 <i>Time Histories</i> 6.....	123
Gambar 4.37 Analisa Plaxis Time Historis 6.....	123
Gambar 4.38 <i>Time Histories</i> 7.....	124
Gambar 4.39 Analisa Plaxis Time Historis 7.....	124
Gambar 4.40 <i>Time Histories</i> 8.....	125
Gambar 4.41 Analisa Plaxis Time Historis 8.....	125
Gambar 4.42 <i>Time Histories</i> 9.....	126
Gambar 4.43 Analisa Plaxis Time Historis 9.....	126
Gambar 4.44 <i>Time Histories</i> 10.....	127
Gambar 4.45 Analisa Plaxis Time Historis 10.....	127
Gambar 4.46 Bentuk Deformasi <i>Mesh</i> di Plaxis 2D.....	128
Gambar 4.47 Bidang Momen Analisa Dinamis di SAP 2000.....	128
Gambar 5.1 Penampang <i>Cylinder Pile</i> .....	131
Gambar 5.2 Diagram tegangan pratekan saat peralihan.....	136
Gambar 5.3 Diagram tegangan pratekan saat crack.....	137
Gambar 5.4 Statika simple beam.....	138

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Tanah Desain.....	22
Tabel 3.2 Parameter Tanah Timbunan.....	22
Tabel 3.3 Propertis Penampang Tiang Sheet Pile.....	23
Tabel 3.4 <i>Regional Seismic Coefficient (OCDI,2002)</i> .....	28
Tabel 3.5 Klasifikasi berdasarkan Subsoil (OCDI,2002).....	29
Tabel 3.6 Faktor Kondisi Subsoil (OCDI,2002).....	29
Tabel 3.7 Faktor Keutamaan Struktur (OCDI,2002).....	29
Tabel 3.8 Nilai-nilai $c$ untuk Tanah Kohesif.....	33
Tabel 3.9 Koefisien Pegas Tanah (Bowles,1997).....	59
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Gelombang di Pantai Marina, teluk Jakarta (yuliasari,dkk,2010).....	72
Tabel 4.2 Rekapitulasi <i>Significant Wave Height</i> dari Beberapa Referensi.....	75
Tabel 4.3 <i>Regional Seismic Coefficient (OCDI,2002)</i> .....	77
Tabel 4.4 Klasifikasi berdasarkan Subsoil (OCDI,2002).....	79
Tabel 4.5 Faktor Kondisi Subsoil (OCDI,2002).....	79
Tabel 4.6 Faktor Keutamaan Struktur (OCDI,2002).....	80
Tabel 4.7 Parameter Tanah Desain.....	81
Tabel 4.8 Parameter Tanah Timbunan.....	81
Tabel 4.9 Korelasi $n$ -SPT dengan Karakteristik Tanah Lainnya	82
Tabel 4.10 Rekapitulasi Input Data Tanah Asli ( <i>Short Term</i> )...	83
Tabel 4.11 Rekapitulasi Input Data Tanah Asli ( <i>Long Term</i> )...	83
Tabel 4.12 Rekapitulasi Input Data Tanah Timbunan.....	84
Tabel 4.13 Tanah Timbunan.....	87
Tabel 4.14 Tanah Asli Kondisi <i>Short Term</i> .....	87
Tabel 4.15 Perhitungan Momen Aktif <i>Short Term</i> .....	92
Tabel 4.16 Perhitungan Momen Pasif <i>Short Term</i> .....	93
Tabel 4.17 Tanah Asli Kondisi <i>Long Term</i> .....	94
Tabel 4.18 Perhitungan Momen Aktif <i>Short Term</i> .....	100
Tabel 4.19 Perhitungan Momen Pasif <i>Short Term</i> .....	100
Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan P1 dan P2.....	115
Tabel 4.21 Rekapitulasi Analisa Time Historis.....	128
Tabel 6.1 Rekapitulas Hasil Perhitungan Momen.....	141

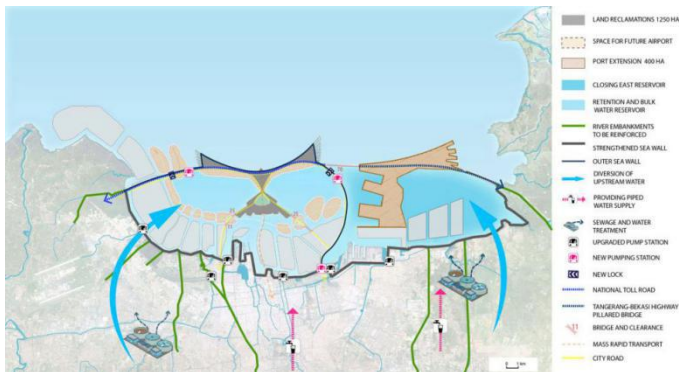
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

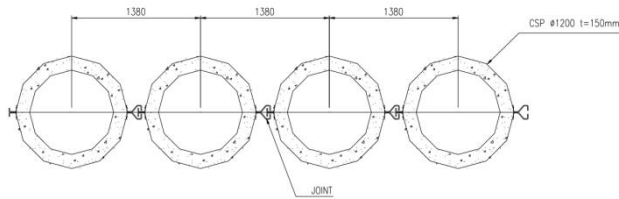
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Giant Sea Wall* Jakarta merupakan tanggul penahan yang dibangun di teluk Jakarta untuk melindungi wilayah utara pesisir dari erosi dan pasang-surut air laut yang menyebabkan banjir rob. Selain itu, *Giant Sea Wall* Jakarta juga berfungsi sebagai dinding penahan tanah yang melindungi tanah reklamasi dari gelombang. Kawasan perairan yang dikelilingi oleh perkuatan *Giant Sea Wall* akan berguna sebagai waduk. Melalui proses desalinasi didapatkan sumber air baku untuk wilayah Jakarta dengan kapasitas yang besar. Pada wilayah ini juga akan dibangun kawasan yang difungsikan untuk kepentingan berbagai sektor, antara lain sektor industri, pariwisata, ekonomi dan lain sebagainya.



**Gambar 1.1** Rencana Giant Sea Wall Jakarta (Mezzi,2016)



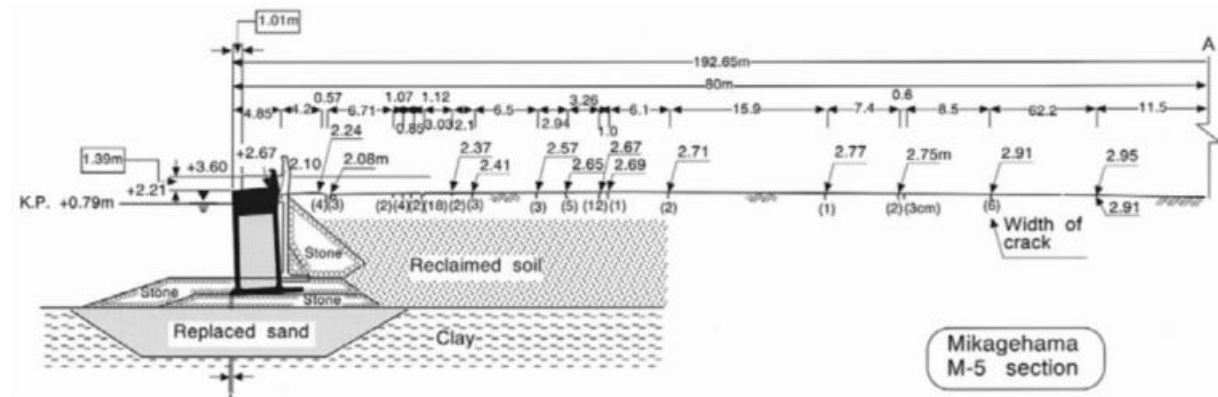
**Gambar 1.2** Karakteristik *Sheet Pile Beton Giant Sea Wall* Jakarta (dokumen perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta,2015)

Saat ini, perencanaan *Giant sea wall* Jakarta terdiri dari *cylinder pile* dengan sistem pratekan yang saling berjajar dan dihubungkan oleh konektor satu sama lain atau yang biasa disebut *sheet pile*. Kinerja seismik *cylinder pile* dalam memikul beban gempa sangat diperlukan. Saat terjadi beban gempa, *cylinder pile* harus berperilaku sebagai elemen struktur yang elastis. Hal ini dikarenakan adanya kesulitan dalam memperbaiki *cylinder pile* terhadap kerusakan dan mencegah adanya tulangan yang terekspos akibat keretakan pada *cylinder pile* (Budek dan Benzoni,2000).

Wilayah Indonesia yang terletak diatas pertemuan 3 lempeng membuat Indonesia rawan terhadap ancaman gempa bumi. Oleh karena itu, semua bangunan struktur yang akan dibangun di Indonesia direncanakan tahan terhadap gempa. *Encyclopedia of World Geography* mencatat bahwa Jakarta, seperti halnya mayoritas kota besar di Indonesia, dibangun di atas tanah yang relatif tidak stabil. Meski jauh dari pusat gempa, kota seperti itu rentan akan guncangan. Tanah yang tidak stabil itu membuat rambatan gempa menjadi lebih hebat. Dari beberapa hal tersebut, maka struktur *Giant Sea Wall* Jakarta yang akan dibangun harus direncanakan dengan beban gempa. Hal ini menjadi tuntutan karena fungsi lahan yang nantinya akan ditempati oleh jutaan orang. Kegagalan pada

konstruksi *giant sea wall* akan berdampak besar terhadap beberapa aspek yang tentunya merugikan banyak pihak. *Cylinder pile* harus mampu menahan beban dinamis akibat gempa.

Berdasarkan kejadian gempa Kobe 1995, gerakan tanah yang berlebihan menyebabkan banyak kerusakan pada *cylinder pile* didaerah tepi laut. Selain itu, seperti terlihat pada **Gambar 1.3** pergerakan tanah yang terjadi akibat dari gempa menimbulkan perpindahan permanen pada *sea wall* dan tanah reklamasi. Pergeseran dari *sea wall* yang terjadi sangat besar yang kebanyakan mencapai antara 1m hingga 4m (Cubrinovski,2000).



**Gambar 1.3** Displacement pada sea wall pulau Mikagehama, Jepang (Cubrinovski,2000)



Dari data perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta oleh PT. WIKA Beton, ditemukan bahwa pembebanan yang direncanakan hanya akibat beban statis yang berupa beban tambahan sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$  di sekitar struktur *sea wall*. Struktur tidak direncanakan terhadap beban dinamis yang dapat mempengaruhi struktur yaitu beban gelombang dan beban gempa.

Oleh karena pentingnya akan peninjauan hal tersebut pada desain struktur *Giant Sea Wall* Jakarta, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan desain *cylinder pile* untuk struktur *Giant Sea Wall* Jakarta terhadap beban dinamis yang berasal dari gelombang dan gempa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama :

Bagaimana desain *cylinder pile* untuk struktur *Giant Sea Wall* Jakarta akibat beban dinamis ?

Detil permasalahan :

8. Bagaimana preliminary desain *cylinder pile* ?
9. Bagaimana pembebanan dinamis yang terjadi pada *cylinder pile* ?
10. Bagaimana hasil analisa permodelan struktur dan tanah disekitarnya dengan menggunakan Plaxis 2D ?
11. Bagaimana desain penulangan dari *cylinder pile* ?
12. Bagaimana gambar kerja hasil desain *cylinder pile* untuk struktur *Giant Sea Wall* Jakarta ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan utama :

Mendapatkan desain *cylinder pile* untuk struktur *Giant Sea Wall* Jakarta dengan beban dinamis.

Detil tujuan :

1. Menentukan preliminary desain *cylinder pile*
2. Menganalisa pembebanan dinamis yang terjadi pada *cylinder pile*

3. Mendapatkan analisa permodelan struktur dan tanah disekitarnya menggunakan Plaxis 2D
4. Mendapatkan desain penulangan dari *cylinder pile*
5. Membuat gambar kerja hasil desain *cylinder pile* untuk struktur *Giant Sea Wall* Jakarta.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini ialah :

1. Hanya mendesain 1 buah *cylinder pile* yang memiliki potongan timbunan tanah reklamasi tertinggi yaitu  $\pm$  6.00 meter, dimana hal ini merupakan kondisi paling ekstrim
2. Tidak mendesain *copping beam* dan sambungan baja antar *cylinder pile*
3. Tidak memperhitungkan metode pelaksanaan.

#### 1.5 Manfaat

Tugas akhir ini akan memberikan beberapa manfaat, antara lain :

1. Dapat dijadikan acuan dan evaluasi untuk perencanaan *cylinder pile* pada struktur *Giant Sea Wall* Jakarta
2. Dapat memberikan informasi tambahan kepada proyek *Giant Sea Wall* Jakarta
3. Dapat memberikan masukan terhadap industri pracetak *cylinder pile*
4. Menyumbangkan ilmu pengetahuan untuk bidang keilmuan Teknik Sipil
5. Memberikan pengetahuan atau referensi untuk tugas akhir selanjutnya.

## **BAB II**

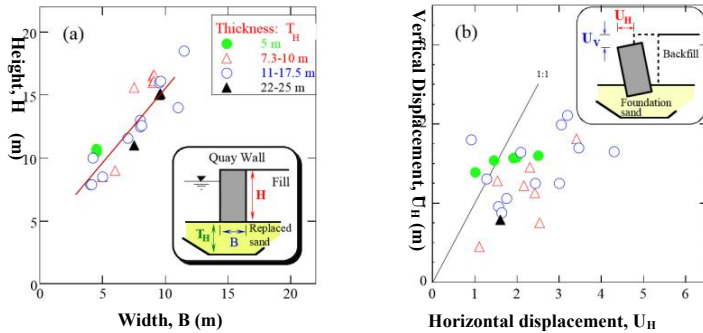
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

*Sheet Pile* merupakan struktur dengan barisan *cylinder pile* yang berfungsi sebagai dinding penahan tanah dan biasanya digunakan pada pekerjaan pembuatan dermaga, jembatan, tebing jalan raya maupun *sea wall*. Kayu, baja, dan beton merupakan material-material yang dapat digunakan menjadi *Sheet Pile*. *Giant Sea Wall* Jakarta direncanakan menggunakan *sheet pile* beton yang terdiri dari rangkaian *cylinder pile* yang saling dihubungkan dengan menggunakan konektor baja di kanan-kiri *cylinder pile*. *Cylinder pile* terbuat dari beton prategang yang merupakan kombinasi dari beton dan baja dengan mutu tinggi. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Baja merupakan material yang kuat terhadap tarikan sedangkan beton bahan yang getas akan tarikan. Gaya prategang yang diberikan pada penampang beton akan merubah beton menjadi material yang elastis karena tidak ada gaya tarik pada penampang beton yang menyebabkan keretakan.

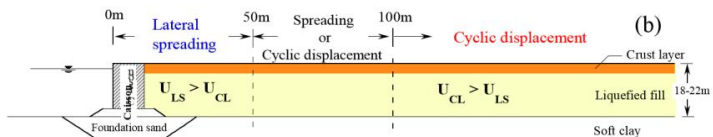
#### **2.2 Dampak Gempa pada Bangunan *Sea Wall***

Gempa Kobe tahun 1995 yang menimpa Jepang menyebabkan adanya pergerakan pada tanah reklamasi pantai teluk Kobe. Tanah reklamasi dengan tebal 10-20 m tersebut berlikuifaksi dan berdeformasi sebesar 30-40 cm. Dinding penahan dermaga berpindah sangat besar secara horizontal sekitar 1-4 m ke arah laut dan 1-2 m secara vertikal. Selain gaya inersia besar yang bekerja pada dinding dermaga, likuifaksi tanah timbunan dan pasir pondasi dianggap sebagai faktor kunci yang berkontribusi pada besar pergerakan permanen dinding.



**Gambar 2.1** Dinding penahan dermaga di daerah Kobe : (a) geometri dinding; (b) pengamatan permanen displacement (Cubrinovski dan Ishihara, 2000)

Sehubungan dengan besarnya dan tampilan perpindahan lateral tanah, didapatkan 3 zona yang berbeda di daerah tepi laut, seperti yang digambarkan pada **Gambar 2.2**. Di zona dengan jarak sekitar 50 m dari dinding dermaga, perpindahan tanah permanen karena penyebaran lateral secara signifikan lebih besar daripada perpindahan siklik akibat likuifaksi. Sebaliknya, perpindahan siklik lebih besar daripada perpindahan yang menyebar pada jarak yang lebih besar dari 100 m dari dinding. Dalam kisaran antara kira-kira 50 sampai 100 m dari garis revetment, perpindahan penyebaran siklik atau lateral dominan.

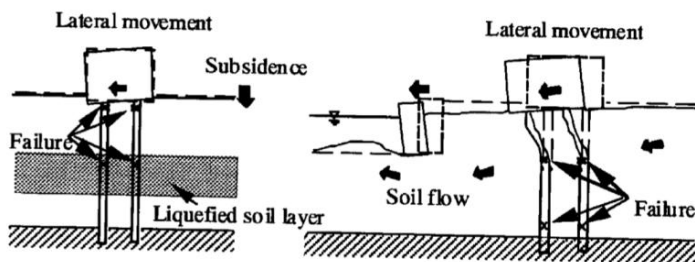


**Gambar 2.2** Pembagian zona berdasarkan pengaruh dominan penyebaran atau perpindahan siklik (Cubrinovski dan Ishihara, 2000)

Pada gempa Kobe, sebagian besar pondasi tiang pancang bangunan, tangki penyimpanan dan dermaga

jembatan mengalami perpindahan lateral siklik dan permanen yang signifikan yang mengakibatkan banyak kegagalan dan kerusakan parah pada tiang pancang (JGS, 1998).

Survey oleh Shamoto,dkk (1995,1996) menemukan bahwa terdapat 14 kasus kerusakan pada tiang pancang akibat gempa Kobe. Bangunan yang disurvei dibangun di atas tanah timbunan ditepi laut. Kerusakannya diakibatkan oleh likuifaksi tanah yang mengakibatkan perpindahan tanah. Ditemukan terdapat 2 tipe utama penyebab kerusakan yaitu likuifaksi tanah dan likuifaksi tanah yang disertai perpindahan tanah. Dua dampak kerusakan tersebut pada tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

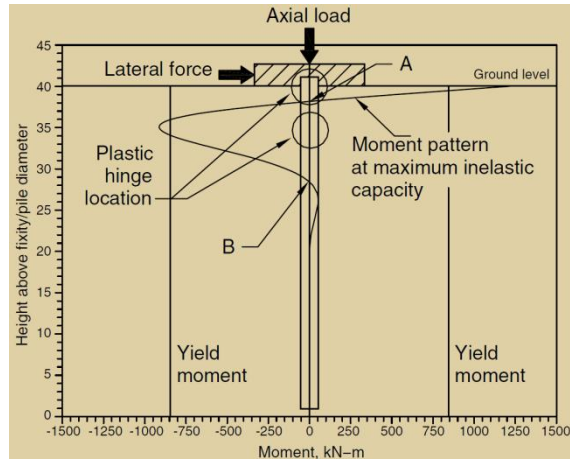


**Gambar 2.3** Pola kerusakan akibat 2 penyebab utama. (a) Pola kerusakan oleh likuifaksi tanah; (b) Pola kerusakan oleh likuifaksi yang disertai perpindahan tanah. (Shamoto,dkk, 1995).

## 2.3 Tiang Pancang Terkena Beban Lateral

Menurut Budek dan Benzoni (2009) pada umumnya tiang pancang beton dimaksudkan sebagai elemen struktur yang berperilaku elastis ketika terkena beban gempa tanpa terkecuali *single-pile column* yang didesain untuk menahan kemunculan sendi plastis dibawah pengaruh beban gempa. Hal ini tidak umum dilakukan dalam desain *pile-column* karena kemunculan sendi plastis pada tiang pancang sulit

untuk dihindari. Seperti pada gambar dibawah menunjukan bahwa sendi plastis terjadi pada dua titik yaitu disambungan tiang dengan *pile-cap* dan pada titik balik momen maksimum.



**Gambar 2.4** Momen tiang pancang akibat gaya aksial dan lateral (Budek dan Benzoni, 2009).

Mereka melakukan penelitian untuk mendapatkan nilai daktilitas dari tiang pancang beton pratekan pracetak. Tiang pancang yang dimodelkan dengan rasio penulangan transversal 1% dimana kurang dari 1/3 yang disyaratkan pada ACI 318. Hasil studi menandakan bahwa tingkat sederhana dari tulangan transversal akan memberikan respons yang daktil.

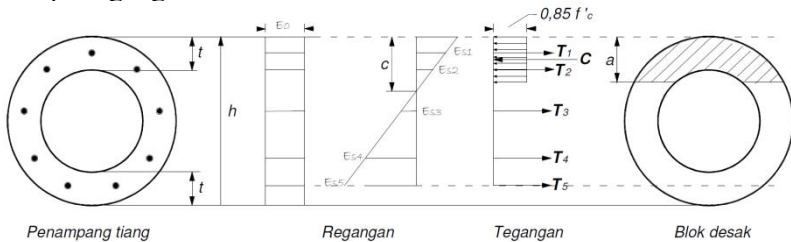
Tokimatsu dan Asaka (1998) juga melakukan observasi lapangan terhadap tiang pancang yang terkena gempa Kobe 1995 dan analisis tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa investigasi lapangan dengan menggunakan kamera lubang bor dan indikator kemiringan telah mengkonfirmasi bahwa kegagalan tiang pancang terkonsentrasi pada pertemuan

antara lapisan *liquefied* dan *nonliquefied*, dan juga di dekat area *pile cap* yang menunjukkan efek signifikan dari perpindahan tanah pada kerusakan tiang.

Menurut Zhang dan Hutchinson (2012) gempa bumi menuntut permintaan bahwa tiang pancang mampu berada pada kondisi plastis selama gempa kuat berlangsung. Kuat tarik yang rendah pada beton digabungkan dengan lenturan yang besar pada bawah tanah menghasilkan perilaku inelastis pada tiang pancang. Hal ini sangat penting karena tiang pancang berada dibawah tanah sehingga sangat sulit untuk meninjaunya, oleh karena itu karakteristik dari lokasi perlu diperhitungkan pada desain.

## 2.4 Distribusi Regangan Tiang Pancang

Distribusi regangan yang terjadi pada beton pratekan berbeda dengan beton bertulang biasa. Pada beton prategang terdapat regangan awal akibat gaya pratekan yang diterapkan pada penampang sebesar  $\varepsilon_0$ . Pada distribusi tegangan dan regangan yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**, gaya tendon prategang pada bagian tarik ( $T_T$ ) dan tekan ( $T_C$ ) dari pusat plastis akan dikurang gaya yang hilang karena gaya prategang.



**Gambar 2.5** Disrtibusi Regangan dan Tegangan Penampang Silinder Berongga (Tavio dan Kusuma, 2010)

## 2.5 Kurva Tegangan-Regangan Beton

Untuk melakukan evaluasi *cylinder pile* diperlukan data tegangan-regangan beton maupun tulangan. Data tegangan-regangan ini digunakan pada proses perhitungan momen kapasitas *cylinder pile*. Pada tugas akhir ini data tersebut mengacu kepada penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti.

United States Department of Transportation – Federal Highway Administration pada tahun 2006 melakukan penelitian berjudul *Optimized Section for High-Strength Concrete Bridge Girders-Effect of Deck Concrete Strength*. Pada penelitiannya mereka menggunakan pendekatan untuk mencari nilai tegangan-regangan beton. Nilai dari persamaan yang digunakan diplot kedalam grafik yang membentuk kurva tegangan-regangan beton. Adapun persamaan yang digunakan dapat disimak berikut.

Untuk mencari regangan pada puncak tegangan beton,  $\varepsilon'_c$ , dihitung sebagai berikut,

$$\varepsilon'_c = \frac{f'_c}{E_c} \cdot \frac{n}{n-1} \quad (2-1)$$

Dimana,

$$n = 0,8 + \frac{f'_c}{17} \text{ dalam satuan Mpa} \quad (2-2)$$

Dimana  $f'_c$ ,  $E_c$  berturut-turut adalah kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton yang nilainya dapat mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 8.5.1. setelah mengetahui nilai  $\varepsilon'_c$  selanjutnya mencari nilai tegangan beton,  $f_c$ , pada tiap regangan beton,  $\varepsilon_c$ , dengan persamaan berikut,

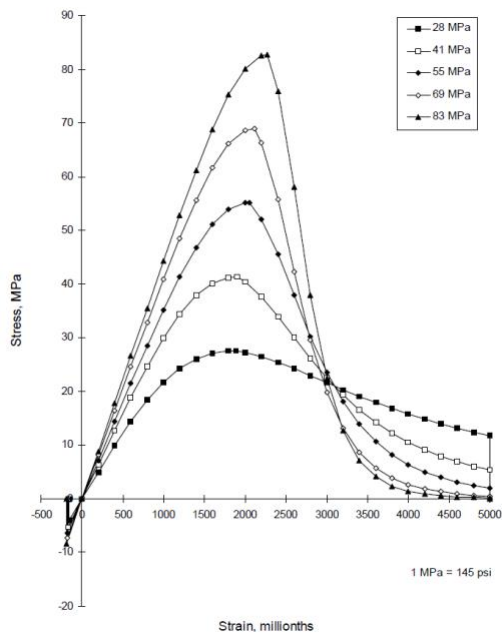


$$\frac{f_c}{f'_c} = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \cdot \frac{n}{(n-1) + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c}\right)^{nk}} \quad (2-3)$$

Dimana,

$$k = 0,67 + \frac{f'_c}{62} \text{ dalam satuan Mpa} \quad (2-4)$$

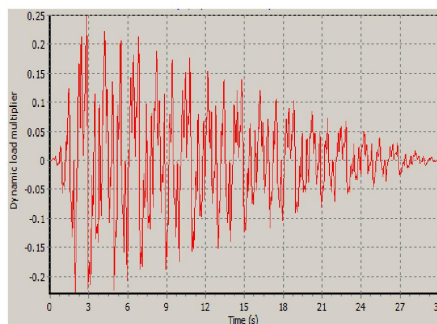
Dengan pendekatan tersebut mereka mendapatkan kurva tegangan-regangan untuk mutu beton  $f'_c$  28 sampai dengan  $f'_c$  83 yang ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



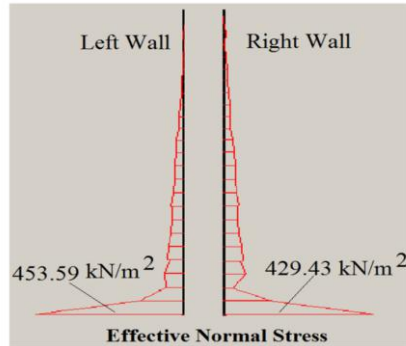
**Gambar 2.6** Kurva tegangan-regangan beton. (FHWA, 2006)

## 2.6 Permodelan Seismik Interaksi Tanah dengan Struktur Menggunakan Program Plaxis

Tjie-Liong, dkk (2013) melakukan permodelan gempa menggunakan Plaxis 2D pada kasus dinding besmen. Analisa dilakukan dengan permodelan *pseudo-static* dan pemodelan analisa dinamik dengan memasukkan beban dinamis berupa *time historis*. Percepatan gempa diaplikasikan dengan memakai pilihan ‘Standart earthquake boundaries’ dalam menu ‘Loads’ di Plaxis. Perilaku tanah saat gempa dipilih *undrained*. Percepatan gempa horizontal,  $a_h \max$ , diambil sebesar 0,25g, ini digunakan dalam perhitungan pseudostatik. Perhitungan gempa dengan analisa dinamik dalam Plaxis dilakukan dengan menggunakan beban dinamik berupa *time histories* gempa dengan  $a_{hmaz}=0,25g$ , seperti disajikan dalam **Gambar 2.7**. Analisa dilakukan dengan waktu pembebanan dinamik selama 10 detik. Langkah yang dilakukan dalam sub program ‘*Plaxis Calculation*’ adalah : pilih ‘*Dynamic Analysis*’ dalam ‘*Calculation type*’, Dalam ‘*Parameter*’ tab masukkan ‘*Time interval*’ sebesar 10 detik. Dalam ‘*Multipliers*’ tab klik *icon* beban dinamis dan pilih data gaya beban dinamis yang telah dipersiapkan sebelumnya yang menghasilkan beban seperti **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Time histories gempa untuk Plaxis 2D  
(Tjie-Liong, dkk,2013)

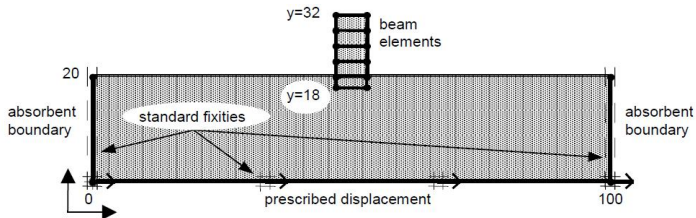


**Gambar 2.8** Tegangan gempa total pada dinding besmen akibat beban dinamik (time historis)(Tjie-Liong, dkk,2013)

Tekanan lateral yang disajikan pada **Gambar 2.8** merupakan tekanan lateral total yang terjadi pada saat gempa, yaitu  $P_{AE}$ . Untuk menghasilkan gaya lateral akibat gempa saja,  $P_E$ , tekanan  $P_{AE}$  itu dikurangi dengan tekanan tanah aktif,  $P_A$ , saat dalam kondisi statik (tidak ada gempa).

Untuk memodelkan tanah, bagian dari sifat tanah yang dapat mempengaruhi perilaku struktur adalah: kerapatan tanah, sudut gesekan internal tanah, gesekan tanah dengan struktur dan sudut timbunan (Paul, 2005).

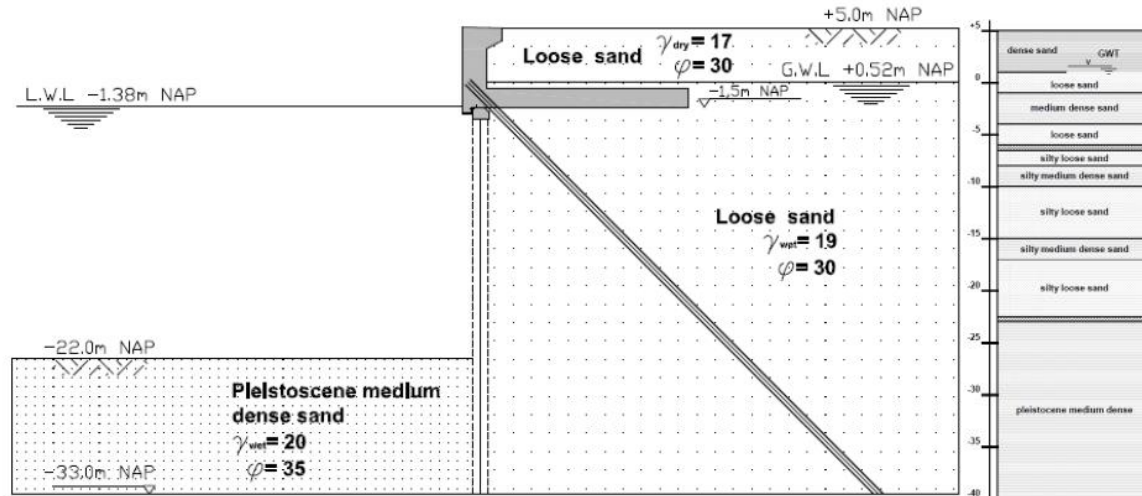
Dalam permodelan pergerakan tanah akibat gempa yang digambarkan dengan *prescribed displacement* diletakkan umumnya dibawah dan pada contoh kasus yang terdapat di buku manual pembebanan dinamis dari Plaxis 8 ialah 18 m dibawah struktur.



**Gambar 2.9** Letak *prescribed displacement* (Manual Dinamis Plaxis Versi 8)

## 2.7 Tanah saat Terjadi Gempa

Perilaku tanah pada saat ada dan tidaknya beban gempa berbeda. JW. Liang (2002) telah meneliti tentang tanah saat terjadi gempa. Pada perhitungannya, tanah dengan perhitungan dinamis dapat lebih disederhanakan dari berlapis-lapis menjadi hanya beberapa lapis saja. Gambar 2.9 menunjukkan bahwa penyederhanaan lapisan tanah dapat dilakukan saat perhitungan tanah secara dinamis.



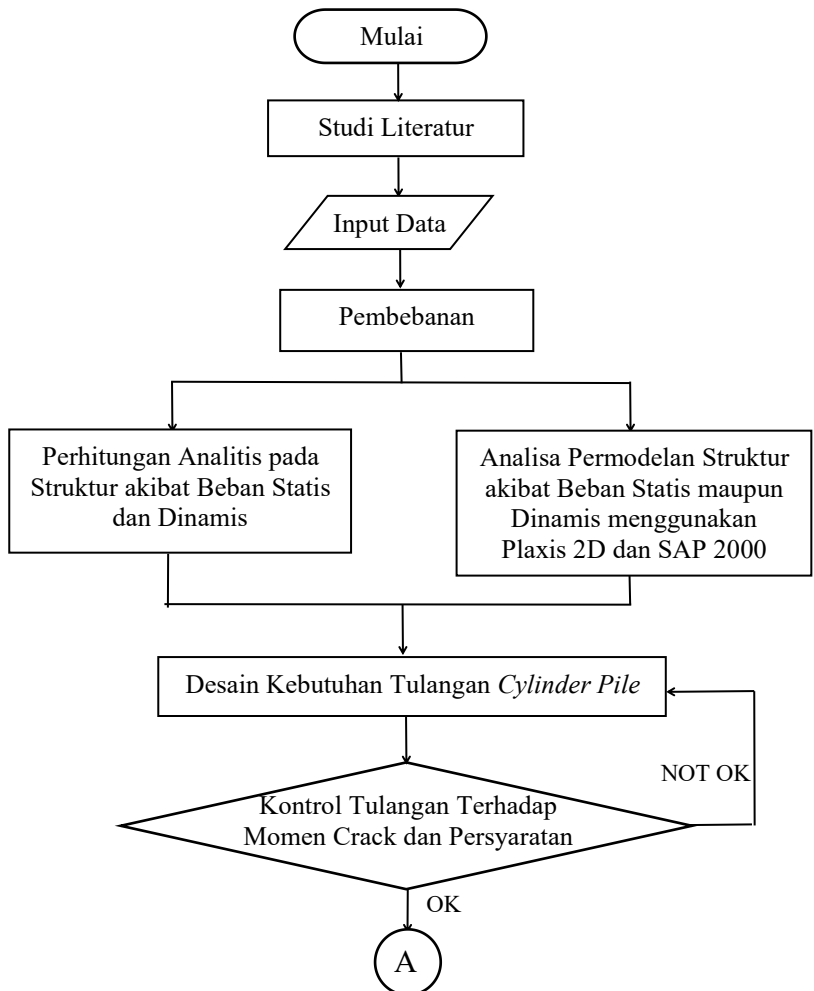
**Gambar 2.10** Penyederhanaan Lapisan Tanah (kiri) dan Lapisan Tanah Awal (kanan) (JW. Liang, 2002)

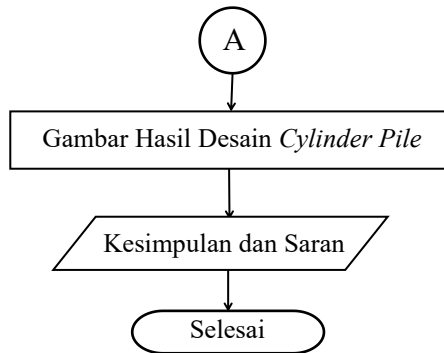
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Bagan alir yang menggambarkan proses penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.





**Gambar 3.1** Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Studi Literatur

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, diperlukan pemahaman yang cukup agar bisa selesai dengan baik dan benar. Maka, studi literatur perlu dilakukan pada awal pengerjaan. Hal yang dilakukan pada tahap ini ialah mencari literatur berupa teori pada jurnal-jurnal maupun peraturan yang digunakan untuk perencanaan yang berkaitan dengan materi tugas akhir untuk dijadikan acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Pada tugas akhir ini, peraturan yang digunakan ialah :

1. *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5373 : 2004 tentang Precast Prestressed Concrete Products*
2. *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI) 2002 tentang Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*
3. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung

### 3.3 Input Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini ialah data tanah lokasi dan karakteristik perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta dengan beban statis. Desain ini dijadikan sebagai *preliminary* desain pada tugas akhir ini.



Material yang akan digunakan untuk pembuatan *cylinder pile* mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Mutu beton,  $f'_c = 52 \text{ MPa}$

Mutu tulangan,  $f_y = 540 \text{ MPa}$

**Tabel 3.1** Parameter Tanah Desain (dokumen perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta,2015)

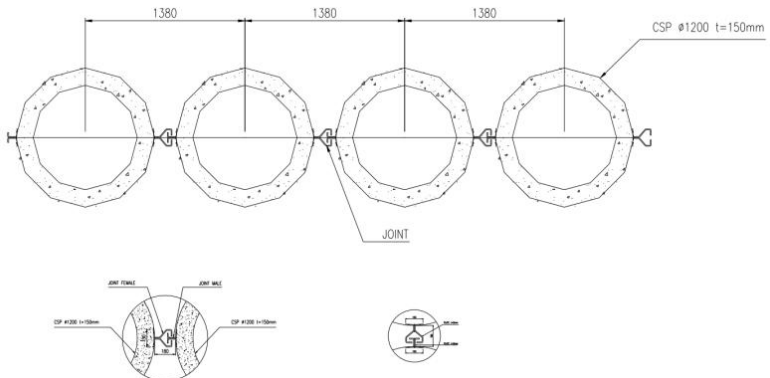
Depth (m)			Soil Type	N-SPT	Symbol	Undrained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )			
						cu	$\Phi$	Eu (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	C'	$\Phi'$
0	-	1	Lempung pasir berlanau	2	C	13	-	1950	0.35	1170	0.35	0	25
1	-	15	Lempung berlanau	5.4	C	35	-	5265	0.35	3159	0.35	0	28
15	-	19	Lempung lanau berpasir	25.7	C	167	-	66820	0.35	40092	0.35	0	38
19	-	21	Pasir berlanau	35	S	-	40	24500	0.25	24500	0.25	0	40
21	-	24	Pasir berlanau	55	S	-	46	38500	0.25	38500	0.25	0	46

**Tabel 3.2** Parameter Tanah Timbunan (dokumen perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta,2015)

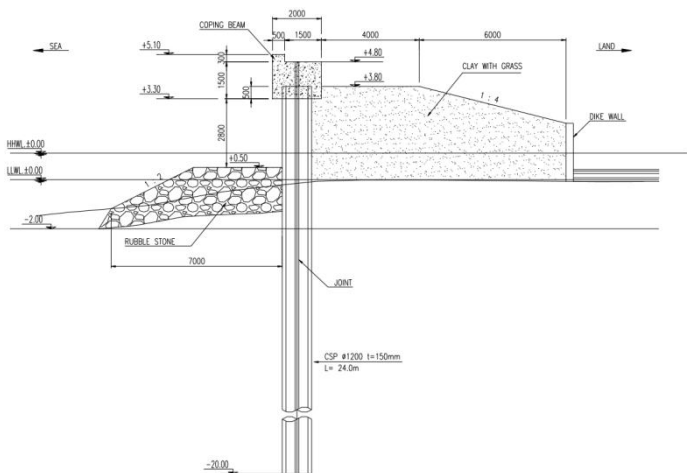
Soil Type	N-SPT	Symbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )			
			cu	$\Phi$	Eu (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson ratio
SAND FILL	7	S	-	26	4900	0.25
CLAY FILL	6	C	39	-	11700	0.35

**Tabel 3.3** Propertis Penampang Tiang Sheet Pile (dokumen perencanaan PT. WIKA Beton, 2015)

<b>Structures</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>I</b>	<b>EI</b>	<b>EA</b>	<b>Weight</b>
	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>4</sup></b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>	<b>kN</b>	<b>kN/m/m</b>
CSP D1200-150	2.53E+07	0.989601	0.13916274	3.53E+06	2.51E+07	12.37



**Gambar 3.2** Denah Penampang Sheet Pile dan Konektor  
(Dokumen Perencanaan PT. WIKA Beton, 2015)



**Gambar 3.3** Potongan Sheet Pile dan Tanah Timbunan Sekitarnya.(Dokumen Perencanaan PT. WIKA Beton, 2015)

### 3.4 Menentukan Kebutuhan Panjang *Cylinder Pile*

Pada preliminary desain sebelumnya, telah didapatkan dimensi *cylinder pile*. Panjang totalnya ialah 24 m dengan 17 m sebagai panjang penanaman dan sisanya 7 m yang muncul ke permukaan tanah untuk menahan dan melindungi tanah timbunan. Namun, hal tersebut perlu dikontrol dengan cara dibawah ini.

#### 3.4.1 Menghitung Panjang *Cylinder Pile* di Atas Tanah ( $h_1$ )

Untuk mengontrol bahwa panjang struktur tersebut telah memenuhi, maka dilakukan kontrol dengan mencari panjang minimal struktur dengan rumus sebagai berikut :

$$h_1 = \text{HHWL} + \text{SHW} + W + P + \text{Tinggi Rubble Stone} \quad (3-1)$$

Dimana,

$h_1$  = Panjang Struktur Minimal di Atas *Seabed* (m)

HHWL= *Highest High Water Level* (HHWL) (m)

SHW = *Significant Wave Height* (m)

W = tinggi jagaan (m)

P = tinggi *cylinder pile* yang masuk di *Pile Cap* (m)

#### 3.4.2 Menghitung Panjang Penanaman *Cylinder Pile* (D)

Dalam menghitung panjang penanaman *cylinder pile*, dilakukan analisa dengan mempertimbangkan 2 kondisi yaitu *short term* dan *long term*. Langkah-langkahnya ialah sebagai berikut :

##### 3.4.2.1 Menghitung Koefisien Tanah Aktif dan Pasif

Terdapat 2 jenis koefisien tegangan tanah yaitu pasif ( $K_p$ ) dan aktif ( $K_a$ ). Berikut merupakan rumus untuk menghitungnya :

$$K_a = \tan^2(45 - \Phi/2) \quad (3-2)$$

Dimana,  $\Phi$  = sudut geser tanah ( $^\circ$ )

$$K_p = 1/K_a \quad (3-3)$$

### 3.4.2.2 Menghitung Tegangan Tanah Vertikal

Tegangan tanah vertikal ( $\sigma_v$ ) merupakan tegangan tanah akibat seluruh beban yang terletak di atasnya.

$$\sigma_v = \gamma_t \cdot H \quad (3-4)$$

Dimana,

$\gamma_t$  = Berat Jenis Tanah (kg/m<sup>3</sup>)

### 3.4.2.3 Menghitung Tegangan Tanah Horizontal

Tegangan tanah horizontal merupakan tegangan tanah yang akan mendorong *sheet pile* atau yang dinamakan sebagai tegangan tanah horizontal aktif. Sedangkan tegangan tanah horizontal yang menahan ialah tegangan horizontal pasif. Namun, rumus keduanya ialah sebagai berikut :

$$\sigma_{H_{aktif}} = \sigma_v \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (3-5)$$

$$\sigma_{H_{pasif}} = \sigma_v \cdot K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (3-6)$$

Dimana,

$c$  = koefisien kohesif tanah

### 3.4.2.4 Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Untuk menghitung tekanan tanah horizontal yang terjadi ialah dengan menghitung luasan diagram

tegangan horizontal. Letak titik tekanannya ialah pada titik pusat bidang.

#### 3.4.2.5 Menghitung Panjang Penanaman (D)

Panjang penanaman *cylinder pile* (D) dihitung dengan cara :

1. Menghitung  $\Sigma$ Momen aktif dan  $\Sigma$ Momen Pasif lalu menjumlahkan keduanya sehingga terdapat persamaan  $\Sigma$ Momen pangkat tiga yang baru
2. Menurunkan satu kali persamaan  $\Sigma$ Momen pangkat tiga yang baru menjadi persamaan pangkat dua
3. Mencari nilai D dari persamaan pangkat dua tersebut.

#### 3.5 Menghitung Koefisien Seismik (k)

Peraturan gempa yang digunakan pada tugas akhir ini ialah OCDI,2002 karena belum ada peraturan gempa di Indonesia yang mengatur tentang bangunan pantai. Pada OCDI 2002 didapatkan beberapa langkah untuk mendapatkan koefisien gempa (k). Langkah-langkah tersebut ialah :

1. Menentukan *Regional Seismic Coefficient* yang bisa dipilih pada tabel 3.4. Setiap daerah memiliki koefisien masing-masing. Dikarenakan OCDI merupakan peraturan untuk negara Jepang, maka tempat-tempat yang tersedia semua di Jepang.

**Tabel 3.4 Regional Seismic Coefficient (OCDI,2002)**

Regional classification		Regional seismic coefficient
Region A	Counties of Nemuro, Kushiro, Tokachi and Hidaka in Hokkaido Prefecture; Saitama Prefecture, Chiba Prefecture; Tokyo, except for Hachijo-jima and Ogasawara Islands; Kanagawa Prefecture, Yamanashi Prefecture, Shizuoka Prefecture, Aichi Prefecture, Gifu Prefecture, Fukui Prefecture, Shiga Prefecture, Mie Prefecture, Nara Prefecture, Wakayama Prefecture, Osaka Prefecture, Hyogo Prefecture	0.15
Region B	Pacific Ocean coast south of Shiriya-zaki of Aomori Prefecture; Iwate Prefecture, Miyagi Prefecture, Fukushima Prefecture, Ibaraki Prefecture, Tochigi Prefecture, Gunma Prefecture, Nagano Prefecture, Kyoto Prefecture, Kochi Prefecture, Tokushima Prefecture	0.13
Region C	Counties of Iburi, Oshima and Hiyama in Hokkaido Prefecture; Aomori Prefecture except for the Pacific Ocean coast south of Shiriya-zaki; Akita Prefecture, Yamagata Prefecture, Niigata Prefecture, Toyama Prefecture, Ishikawa Prefecture, Tottori Prefecture, Hiroshima Prefecture, Ehime Prefecture, Oita Prefecture, Miyazaki Prefecture, Kumamoto Prefecture; Amami Islands in Kagoshima Prefecture	0.12
Region D	Counties of Abashiri, Shiribeshi, Ishikari, Sorachi, Rumoi and Kamikawa in Hokkaido Prefecture; Okayama Prefecture, Shimane Prefecture, Kagawa Prefecture, Nagasaki Prefecture except for Goto Islands, Iki-no-shima and Tsushima; Saga Prefecture, Kagoshima Prefecture except for Amami Islands, Okinawa Prefecture except for Daito Islands	0.11
Region E	Counties of Soya in Hokkaido Prefecture; Hachijo-jima and Ogasawara Islands in Tokyo; Yamaguchi Prefecture, Fukuoka Prefecture; Goto Retto, Iki-no-shima and Tsushima in Nagasaki Prefecture; Daito Islands in Okinawa Prefecture	0.08



## 2. Menentukan *Subsoil Condition Factor*.

Cara menentukannya ialah dengan mengklasifikasikan kelas tanah di lapangan sesuai dengan tabel 3.5 yang nanti akan dihubungkan dengan tabel 3.6.

**Tabel 3.5** Klasifikasi berdasarkan Subsoil (OCDI,2002)

<div> <div>Type of subsoil</div> <div>Thickness of quaternary strata</div> </div>	Gravel stratum	Ordinary sandy soil and cohesive soil	Soft subsoil
5 meters or less	Class I	Class I	Class II
More than 5 meters and less than 25 meters	Class I	Class II	Class III
25 meters or greater	Class II	Class III	Class III

**Tabel 3.6** Faktor Kondisi Subsoil (OCDI,2002)

Type of subsoil	Class I	Class II	Class III
Factor for subsoil conditions	0.8	1.0	1.2

## 3. Menentukan Faktor Keutamaan Struktur.

Besarnya faktor keutamaan struktur bisa diklasifikasikan menggunakan tabel 3.7.

**Tabel 3.7** Faktor Keutamaan Struktur (OCDI,2002)

Type of structure	Structure characteristics	Importance factor
Special class	Among structures in the category of Class A, those having a remarkable risk specified in the item 1, a grave consequence in the item 2, or a serious threat in the item 4, or those having a particular importance in the item 3	1.5
Class A	1 Having high level of risk to cause large loss of human lives and property if the structure is damaged by an earthquake 2 Having serious economic and social consequences if the structure is damaged by an earthquake 3 Having an important role in restoration works after earthquake disaster 4 Having threat of huge loss of human lives and property, if the structure is damaged by an earthquake (ie., structures handling toxic or hazardous substances) 5 Having difficulty in restoration if the structure is damaged by an earthquake	1.2
Class B	Structures other than those classified as Special, Class A or Class C	1.0
Class C	Slight economic and social consequences if the structure is damaged by an earthquake, or easy restoration among structures other than those classified as Special or Class A	0.8

#### 4. Menghitung Koefisien Seismik

Setelah didapatkan beberapa koefisien diatas, maka dimasukkan pada rumus berikut untuk mendapatkan nilai koefisien seismiknya.

$$\text{Koefisien Seismik} = \text{Regional Seismic Coefficient} \times \text{Subsoil Condition Factor} \times \text{Faktor Keutamaan Struktur} \quad (3-7)$$

### 3.6 Menghitung Beban Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang dalam kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking wave*) digunakan persamaan Morison (1950) yang terdapat pada buku *Structural Dynamics (Theory and Applications)*, Mc Dougal.

Total gaya horizontal yang terjadi pada struktur *cylinder pile* adalah :

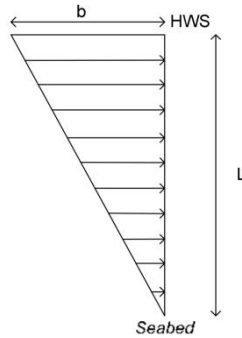
$$F_x = F_{d \max} |\cos \omega t| \cos \omega t - F_{i \max} \sin \omega t \quad (3-8)$$

Dimana :

$$F_{d\max} = \frac{1}{16} \rho g C_d D H^2 \frac{\sinh(2kh) + 2kh}{\sinh(2kh)} \quad (3-9)$$

$$F_{i\max} = \frac{\pi}{8} \rho g C_m D^2 H \tanh(kh) \quad (3-10)$$

$$F_x = 376,12 \left| \cos \frac{2\pi}{6,4} t \right| \cos \frac{2\pi}{6,4} t - 4,88 \sin \frac{2\pi}{6,4} t \quad (3-11)$$



**Gambar 3.4** Distribusi Beban Gelombang

Besarnya  $b$  dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$b = \frac{a \times 2}{L}$$

Dimana,

$a$  = besar beban hasil perhitungan

$L$  = panjang tiang dari seabed hingga HWS

$b$  = besar beban distribusi

### 3.7 Menghitung Tekanan Tanah saat Gempa

Perilaku tanah apabila terjadi gempa akan sangat berbeda dibandingkan saat tanah tersebut diam. Pada perhitungan tanah akibat gempa terdapat suatu koefisien

gempa yang dimasukkan. Langkah-langkah perhitungannya sama seperti saat tidak terjadi gempa, namun rumusnya saja yang berbeda. Selain itu, lapisan tanah pada perhitungan dinamis dapat di sederhanakan menjadi lapisan yang paling dominan (Liang, 2011). Pada peraturan OCDI (2002) didapatkan rumus yang digunakan ialah sebagai berikut :

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi - \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi + \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (3-12)$$

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(\phi + \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi - \theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi - \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (3-13)$$

$$P_{ai} = \frac{1}{2} k_{ae} \gamma_{eff} H^2 (1 - k) \quad (3-14)$$

$$P_a = \frac{1}{2} k_a \gamma_{eff} H^2 \quad (3-15)$$

$$\Delta P_{ai} = P_{ai} - P_a \quad (3-16)$$

$$h = \frac{P_a \cdot H / 3 + \Delta P_{ae} (0,6H)}{P_{ae}} \quad (3-17)$$

Dimana,

$\phi$  = sudut geser tanah (°)

$\psi$  = sudut tanah timbunan dari garis vertikal (°)

k = koefisien gempa

$\theta = \tan^{-1} k$

h = resultan gaya (m)

### 3.8 Menghitung Letak Titik Jepit (Zf)

Perhitungan letak titik jepit (Zf), digunakan rumus dibawah ini :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{nh}} \quad (3-18)$$

$$Z_f = 1,8T$$

Dimana,

$E_p$  = Modulus Elastisitas *cylinder pile*

$$E_p = 4700 \sqrt{f'c}$$

$I_p$  = Momen Inersia Penampang *Cylinder Pile*

$$I_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$D$  = diameter luar penampang (mm)

$d$  = diameter dalam penampang (mm)

Untuk nilai  $n_h$ , disajikan pada **tabel 3.4**.

**Tabel 3.8** Nilai-nilai  $n_h$  untuk Tanah Kohesif  
(Hardiyatmo, 2002)

Tanah	$n_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166-3518	Reese dan Matlock (1956)
	277-554	Davisson - Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi normal organik	111-277	Peck dan Davidsson (1962)
	111-831	Davidsson (1970)
Gambut	55	Davidsson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hiltz (1967)
Lanau	8033-11080	Bowles (1968)

### 3.9 Efek Hidrodinamik

Muka air tanah terletak sejajar dengan tinggi air laut. Untuk analisa statis, tekanan dari kedua sisi ini masih sama atau saling mengurangi. Namun, apabila sudah terjadi gempa. Terdapat suatu perubahan perilaku dari bentuk tegangan. Hal ini biasanya dikenal sebagai efek

hidrodinamik. Untuk menghitung tekanan air akibat gempa tersebut digunakan beberapa rumus dibawah ini.

Menurut teori Westergaard (1933), besarnya tekanan air akibat gempa sedalam  $y$  ialah :

$$P_1 = \frac{7}{8} k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} \quad (3-19)$$

Resultan tekanan sisi laut ( $P_{1w}$ ) dan letaknya ( $\bar{y}$ ) dihitung menggunakan rumus :

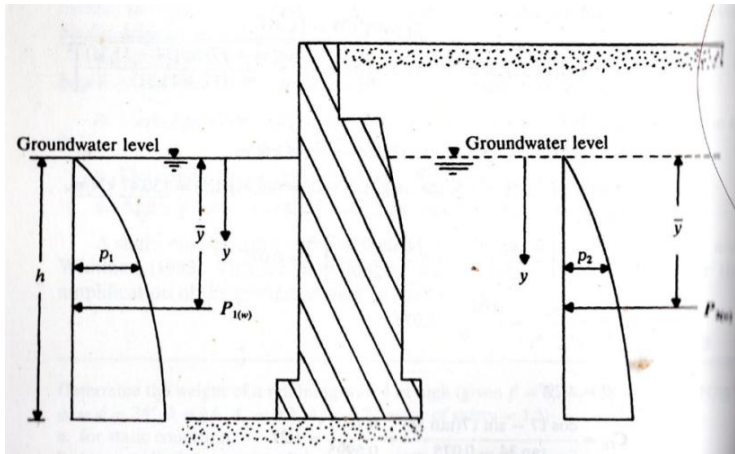
$$P_{1(w)} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2 \quad (3-20)$$

$$\text{Letak resultan } (\bar{y}) = 0,6 h \quad (3-21)$$

Menurut Matsuo dan O'Hara (1960), besarnya kenaikan tekanan air tanah ( $P_2$ ) dan resultannya ( $P_{2(w)}$ ) ialah 70% dari besar tekanan air sisi laut. Sehingga,

$$P_2 = 0,7 \left( \frac{7}{8} k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} \right) = 0,6125 k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} \quad (3-22)$$

$$P_{2(w)} = 0,4083 k_h \gamma_w h^2 \quad (3-23)$$



**Gambar 3.5** Efek Hidrodinamik pada *Quay Wall*

Selama terjadi gempa, gaya pada *sea wall* dari sisi laut akan direduksi dengan  $P_{1(w)}$  sedangkan dari sisi darat akan meningkat sebesar  $P_{2(w)}$ . Sehingga, besar gaya akibat kedua sisi air tersebut menjadi :

$$P_w = P_{1(w)} + P_{2(w)} = 1,7 \left( \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2 \right) = 0,9917 k_h \gamma_w h^2 \quad (3-24)$$

### 3.10 Permodelan Struktur dengan Software Plaxis 2D

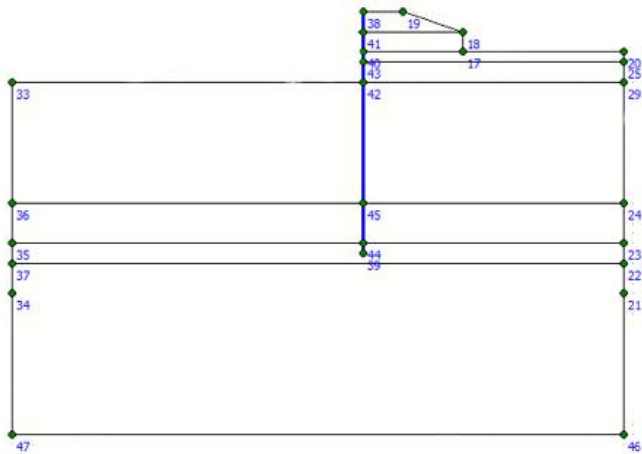
Permodelan struktur dan tanah akibat beban dinamis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D. Struktur yang dimodelkan ialah *Cylinde Pile* berdiameter 1200 mm dengan material beton. Beban yang akan diberikan ialah beban gelombang, surcharge 15 kN/m<sup>2</sup>, rubble stone, *copping beam*.

Pada program Plaxis 2D, *Sea Wall* dimodelkan bersama dengan tanah di sekitarnya. Permodelan dilakukan dengan dua kondisi, yaitu statis dan dinamis, yang membedakan ialah pada saat dinamis diberi gaya tambahan akibat gempa. Pada sub-bab ini akan diberikan langkah-langkah yang

dilakukan dalam permodelan sehingga mendapatkan momen yang terjadi.

### 1. Menggambar Geometri

Penggambaran geometri merupakan hal utama yang harus dilakukan dalam permodelan. Pada tugas akhir ini, digambarkan geometri struktur *Sea Wall* Jakarta seperti gambar 3.5.

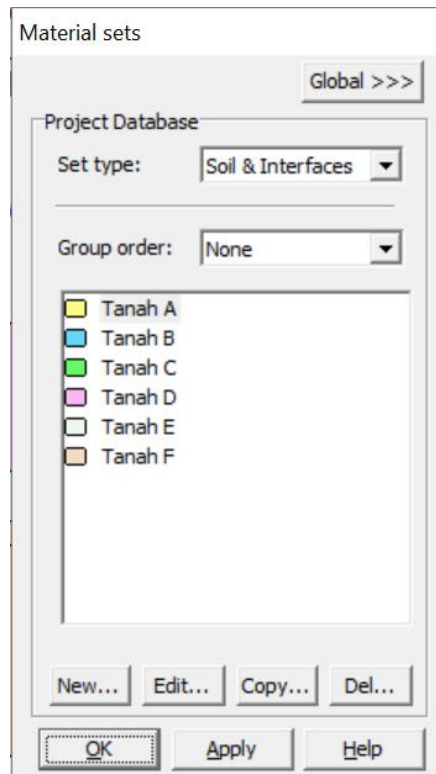


**Gambar 3.6** Geometri *Sea Wall* di Plaxis 2D

### 2. Input Material Tanah

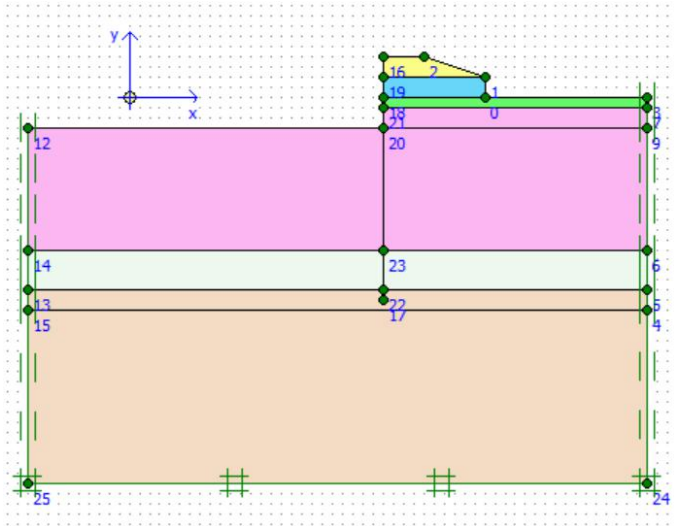
Material tanah diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, sesuai dengan data lapangan yang telah disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.





**Gambar 3.7** Input Material Tanah

Setelah menginput data-data tanah sesuai dengan data di lapangan, lalu digambarkan ke geometri yang telah digambarkan sebelumnya sehingga menjadi seperti gambar 3.7.



**Gambar 3.8** Geometri dengan tanah yang Terdefinisi

### 3. Input Propertis *Cylinder Pile*

Setelah material tanah terdefinisi, selanjutnya mendefinisikan propertis struktur *cylinder pile* dengan memasukkan nilai EA dan EI nya. Dengan memasukkan kedua nilai tersebut, secara otomatis plaxis akan menghitung berapa besar diameternya.

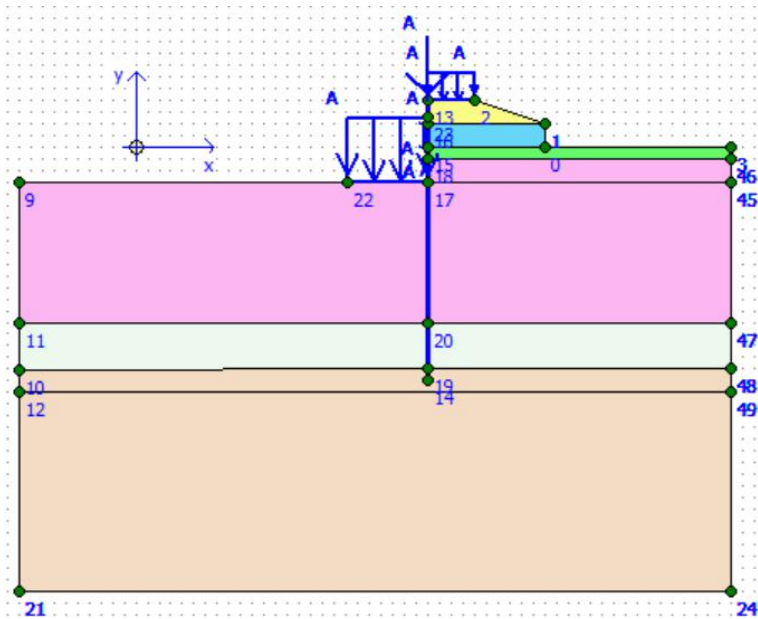
Pada permodelan ini, dimasukkan EA dan EI berturut-turut  $2,510\text{E}+07$  kN dan  $3,10\text{E}+06$  kN/m<sup>2</sup> sesuai dengan preliminary desain. Lalu, plaxis secara otomatis mengeluarkan besar diameternya yaitu 1,2 m. Sedangkan beratnya diisi 12,37 kN/m/m.

Material set		Properties		
Identification:	Cylinder Pile	EA :	2.510E+07 kN/m	
Material type:	Elastic	EI :	3.100E+06 kNm <sup>2</sup> /m	
Comments		d :	1.217 m	
		w :	12.370 kN/m/m	
		v :	0.2	
		M <sub>p</sub> :	1.000E+15 kNm/m	
		N <sub>p</sub> :	1.000E+15 kN/m	
		Rayleigh α :	0.000	
		Rayleigh β :	0.000	
				Ok

**Gambar 3.9** Input Properti *Cylinder Pile*

#### 4. Input Beban

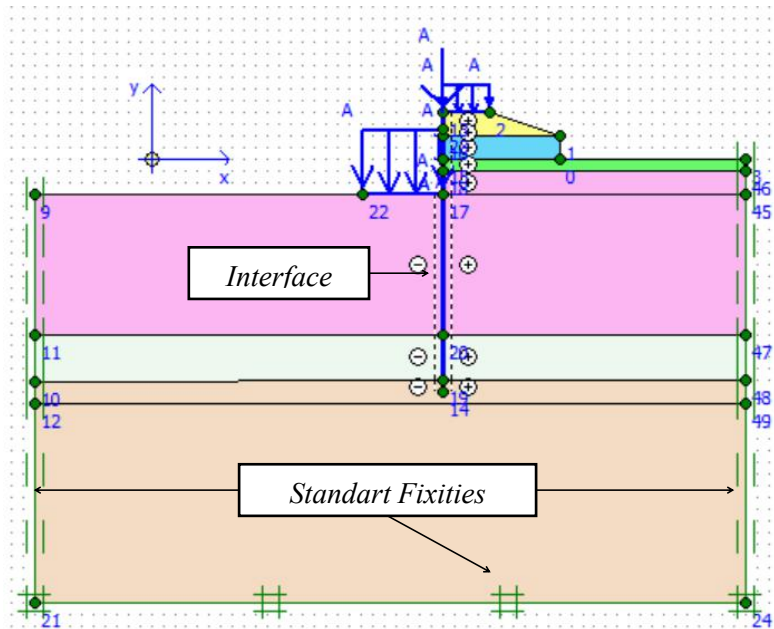
Selain beban dari tanah yang telah digambarkan, terdapat beberapa beban yang akan ditambahkan. Beban tambahan yang dimasukkan ialah beban akibat capping beam, rubble stone, beban surcharge dan gelombang. Untuk besarnya beban yang akan dimasukkan, dihitung pada bab selanjutnya.



**Gambar 3.10** Input Beban di Plaxis 2D

### 5. Input *Interface* dan *Standart Fixities*

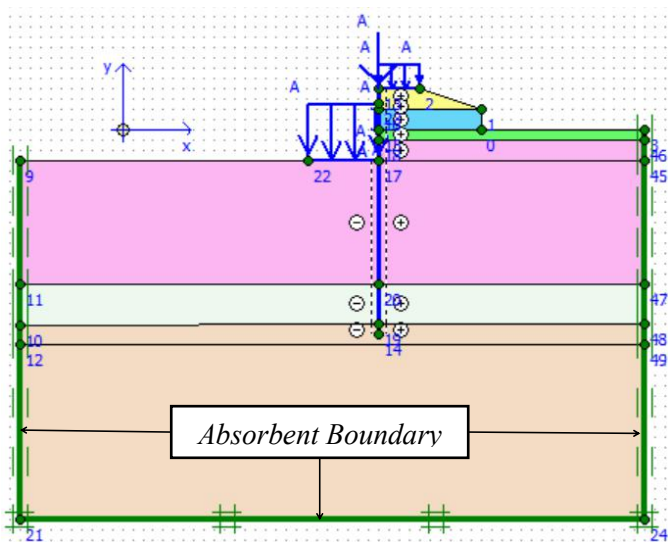
*Interface* diletakkan disekitar *cylinder pile* sedangkan *standart fixities* atau perletakkan jepit digambarkan sebagai batas tanah yang akan di *run*.



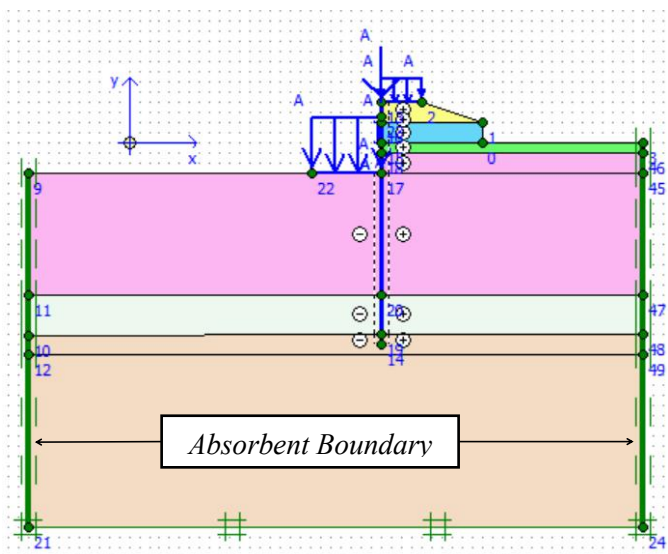
**Gambar 3.11** Input *Interface* dan *Standart Fixities*

## 6. Input *Absorbent Boundary*

Garis ini diletakkan untuk batas tanah yang diam atau tidak akan terjadi pergerakan. Oleh karena itu, saat analisa statis diletakkan di ketiga batas tanah sedangkan saat analisa dinamis hanya di sisi kanan dan kiri karena sisi bawah akan terjadi pergerakan akibat permodelan gempa. Agar lebih mudah dipahami, bisa dilihat pada gambar 3.11 dan gambar 3.12.



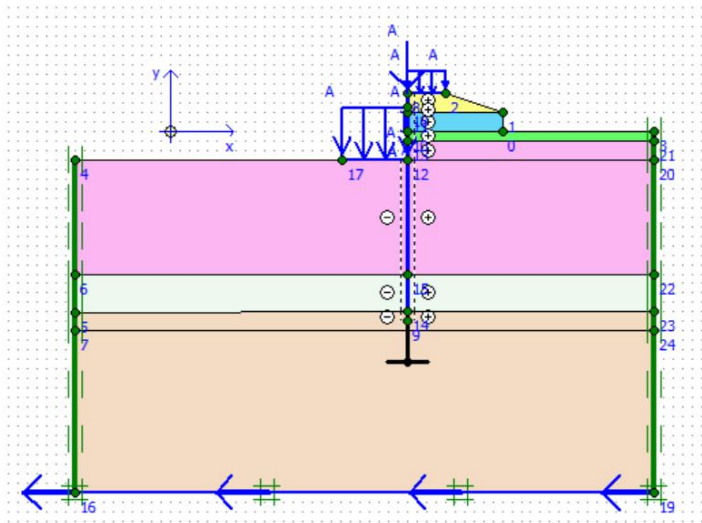
**Gambar 3.12** Input Absorbent Boundary Analisa Statis





## 8. Memberi Angker

Struktur *Sea Wall* ini tidak terdapat anker, namun untuk memodelkannya sebagai kantilever bebas maka diberi anker dengan panjang 1 m dan sudut  $270^\circ$ .

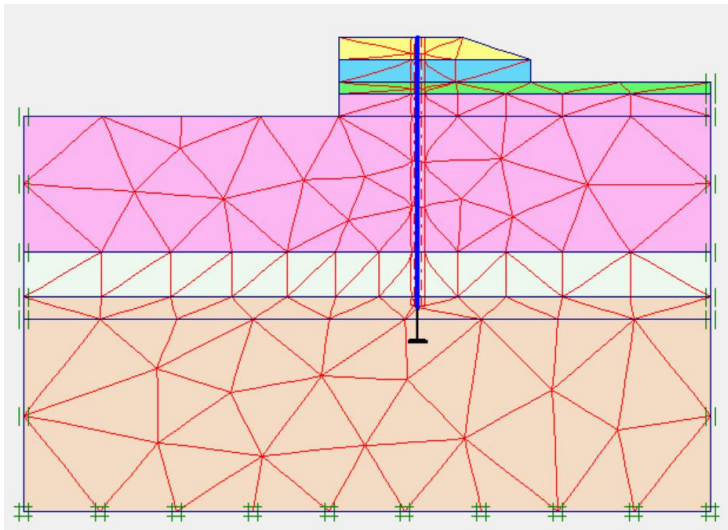


### Gambar 3.15 Memberi Angker

## 9. Membagi Mesh

Setelah semua data dipastikan telah terinput semua, maka dilakukan pembagian mesh. Hal ini berguna untuk perhitungan struktur dengan metode elemen hingga. Pembagian ini dilakukan secara otomatis oleh program Plaxis 2D.

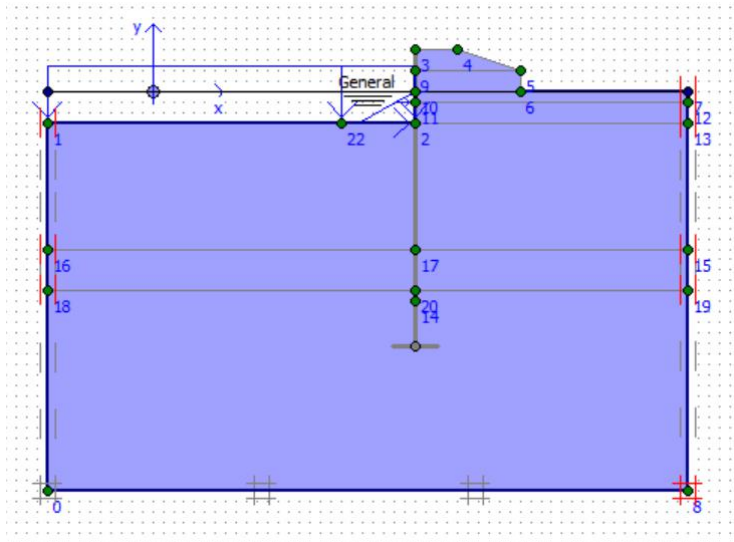




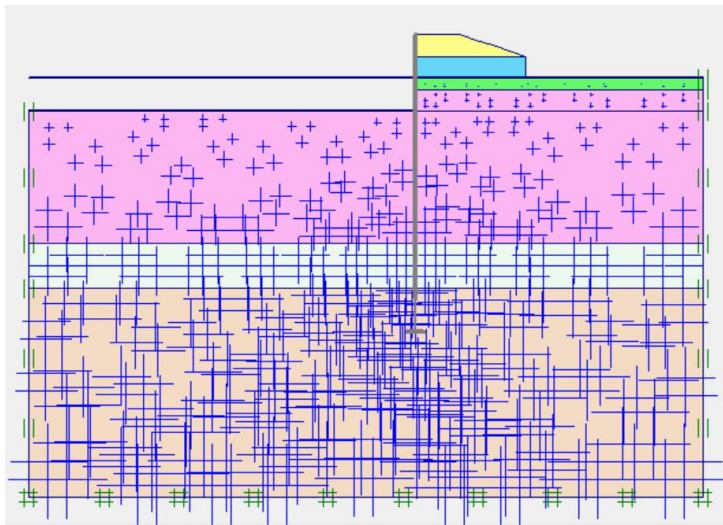
**Gambar 3.16** Pembagian *Mesh*

### 9. Menggambarkan dan Mengaktifkan Air Pori

Pada langkah ini dilakukan penggambaran muka air tanah dan mengaktifkannya dalam perhitungan. Digambarkan tinggi muka air +3,08 m dari *seabed*.



**Gambar 3.17** Penggambaran Muka Air



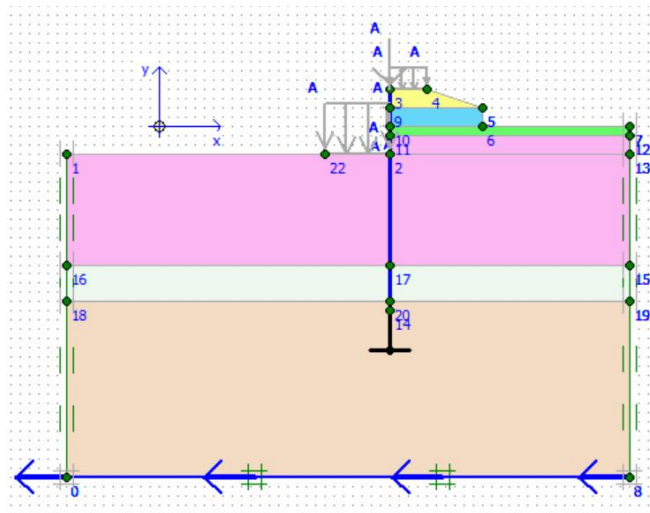
**Gambar 3.18** Pengaktifan Air Pori

## 10. Membagi Fase Konstruksi

Setelah *initial condition* semua telah dimodelkan, sekarang saatnya menganalisis permodelan tersebut (*running*). Kelebihan dari software Plaxis ini, analisa dilakukan secara bertahap disetiap fase konstruksinya. Pada permodelan ini, dilakukan 3 fase untuk statis dan 4 fase untuk dinamis. Dimana fase-fase tersebut antara lain :

### a. Fase 1 (Pemancangan *Cylinder Pile*)

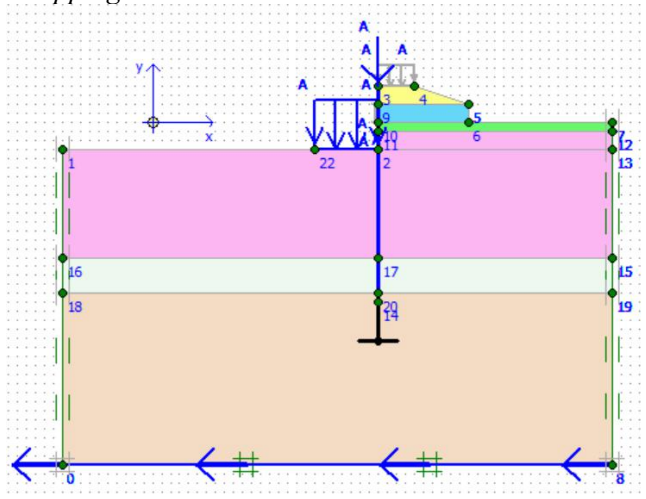
Fase ini dilakukan setelah penimbunan tanah reklamasi. Pada fase ini *cylinder pile* mulai diaktifkan beserta tanah disekitarnya.



**Gambar 3.19** Permodelan Fase 1

b. Fase 2 (Penambahan *Rubble Stone* dan *Copping Beam*)

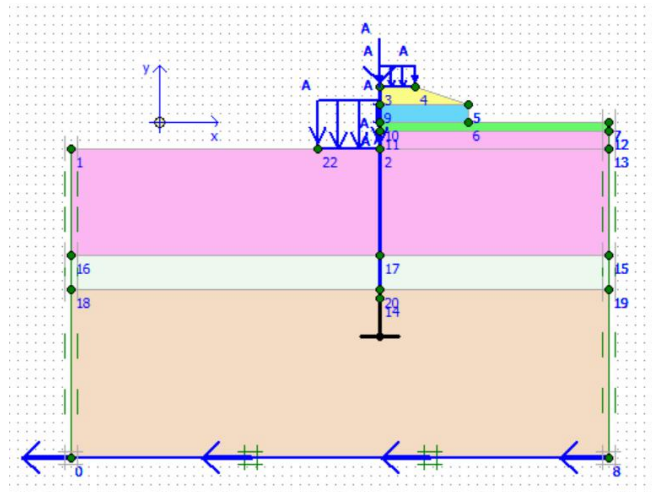
Fase ini dilakukan setelah fase 1. Pada fase ini tanah timbunan di depan *cylinder pile* dihilangkan, lalu digantikan dengan pemberian *rubble stone* dan *copping beam*.



**Gambar 3.20** Permodelan Fase 2

c. Fase 3 (Pemberian Beban Gelombang dan Surcharge  $15\text{kN/m}^2$ )

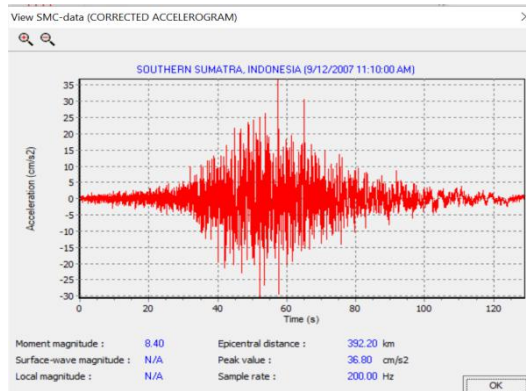
Fase 3 dilakukan setelah fase 2 yaitu dengan menambahkan beban surcharge  $15\text{ kN/m}^2$  diatas tanah reklamasi dan pengaktifan beban gelombang. Untuk analisa statis, fase ini merupakan akhir sehingga permodelan sudah bisa di *run*.



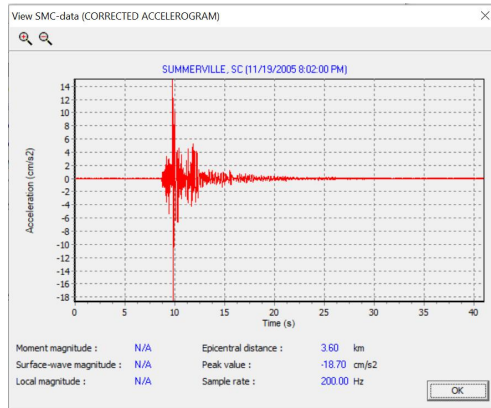
**Gambar 3.21** Permodelan Fase 3

d. Fase 4 (Pengaktifan Beban Gempa)

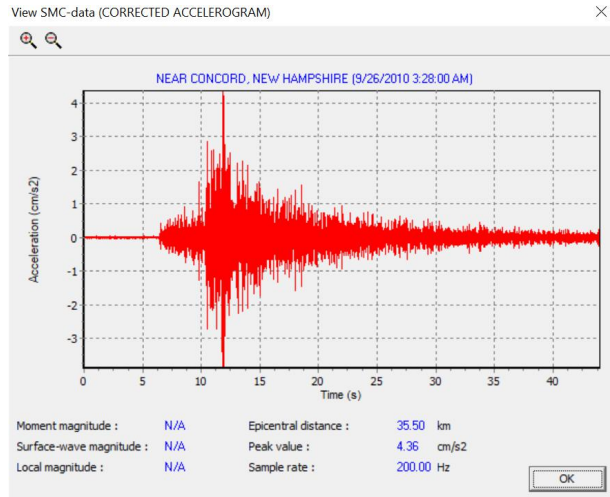
Fase ini dilakukan hanya pada analisa dinamis. yaitu menginput besaran gempa dalam bentuk *time histories*. Terdapat 10 *time histories* berbeda yang didapat dari website [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) dan akan di *running* pada analisa ini. Hasil yang akan diambil nilai rata-rata dari kesepuluh *time histories* tersebut.



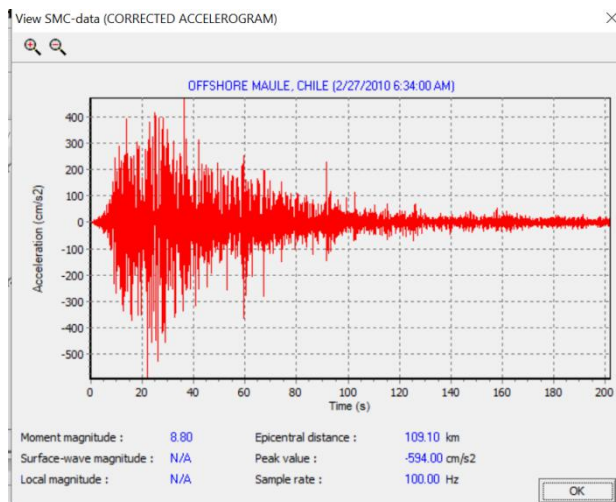
**Gambar 3.22** *Time Histories 1*



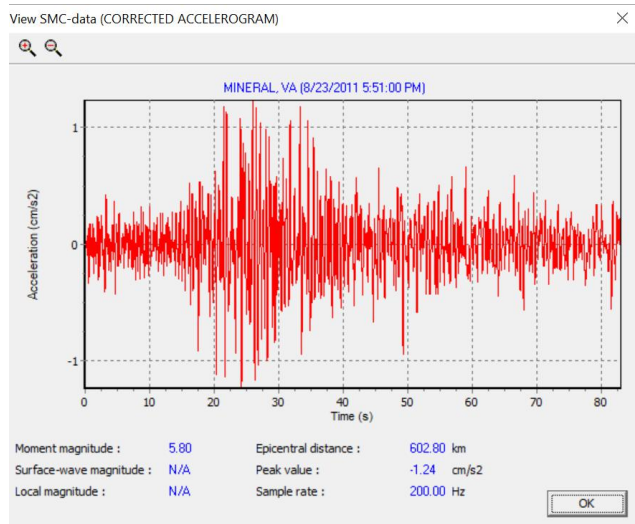
**Gambar 3.23** *Time Histories 2*



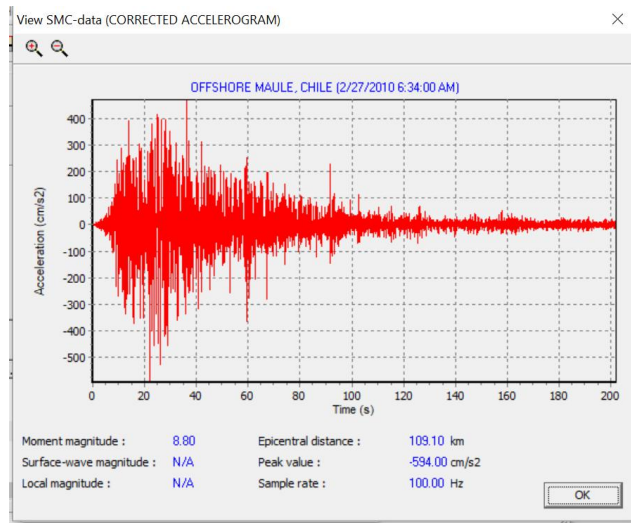
**Gambar 3.24** *Time Histories 3*



**Gambar 3.25** *Time Histories 4*

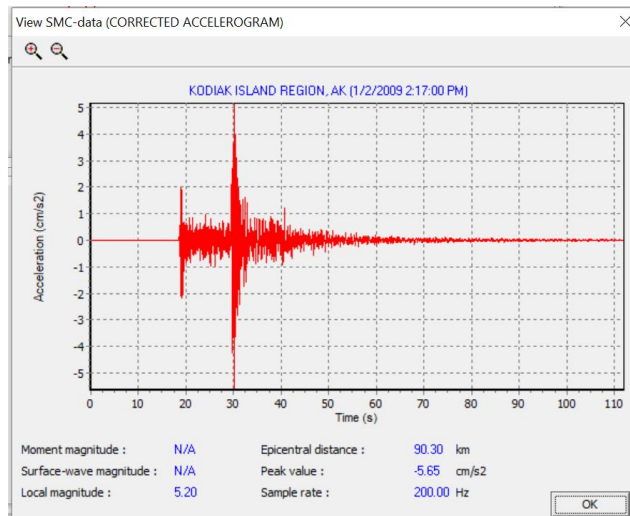


**Gambar 3.26** *Time Histories 5*

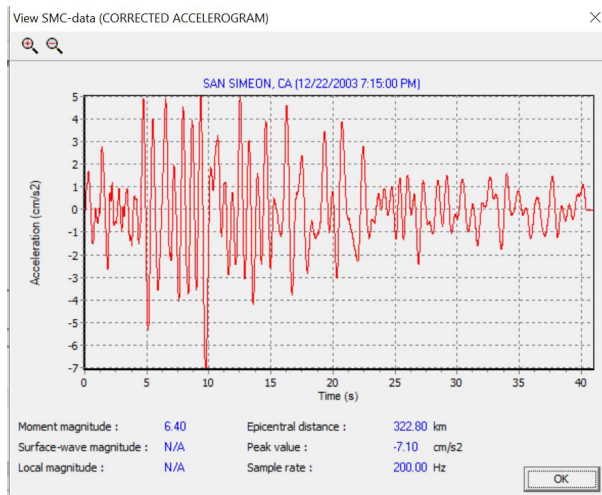


**Gambar 3.27** *Time Histories 6*

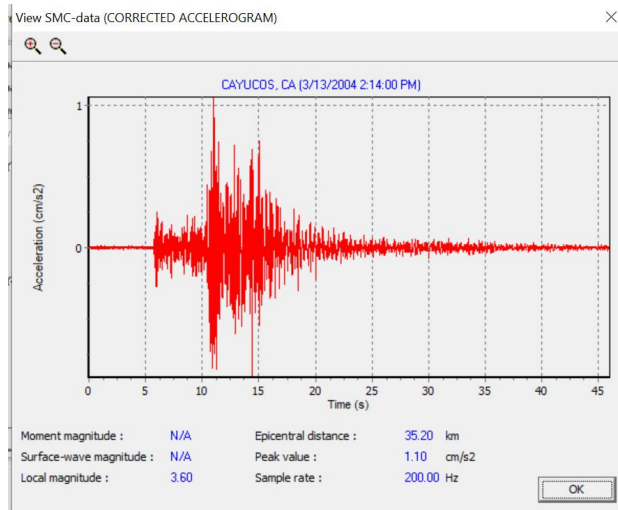




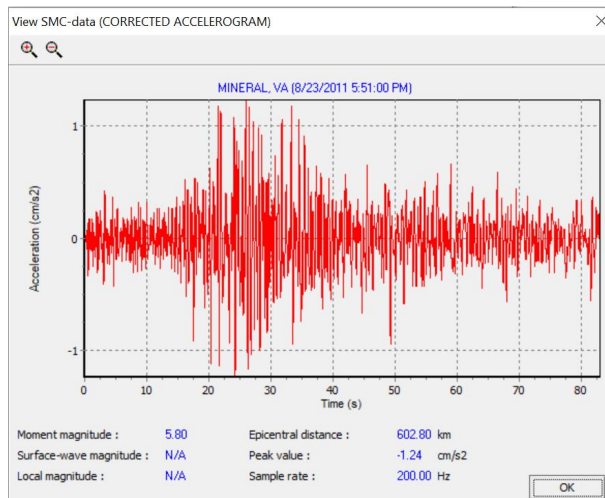
**Gambar 3.28** *Time Histories 7*



**Gambar 3.29** *Time Histories 8*



**Gambar 3.30** *Time Histories 9*



**Gambar 3.31** *Time Histories 10*

### 3.11 Permodelan Struktur Menggunakan Software SAP 2000

Sebagai tambahan bahan perbandingan perhitungan, selain Plaxis 2D digunakan pula software SAP 2000. Beban yang akan dimasukkan pada permodelan ini ialah beban *copping beam*, tekanan tanah dan tekanan air. Permodelan ini juga dilakukan dengan 2 analisa yaitu statis dan dinamis. Langkah-langkah permodelannya ialah :

#### 1. Input Material *Cylinder Pile*

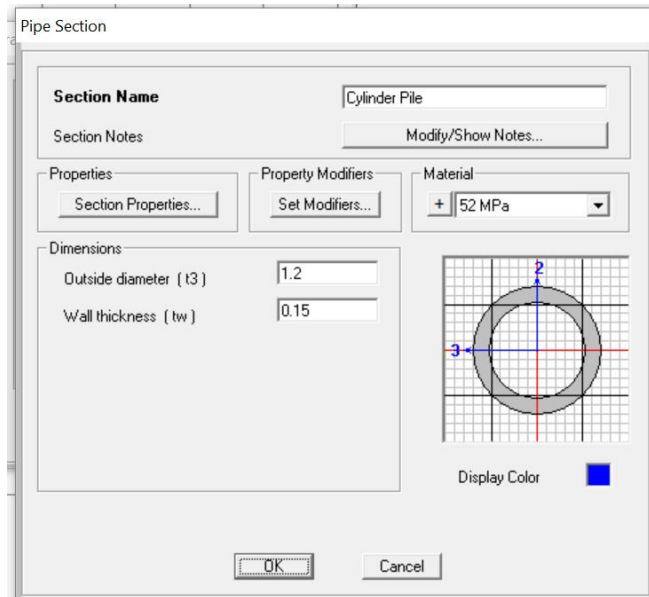
Material yang dimasukkan ialah beton dengan  $f'_c$  52 MPa dengan spesifikasi dapat dilihat digambar.

Material Property Data

General Data	
Material Name and Display Color	52 MPa
Material Type	Concrete
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	2.356E-05
Mass per Unit Volume	2.403E-09
Units	
N, mm, C	
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	24855.578
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	9.900E-06
Shear Modulus, G	10356.491
Other Properties for Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, $f'_c$	52
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	
<input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

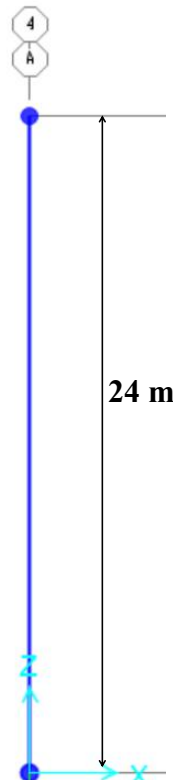
**Gambar 3.32 Material Property**2. Input Penampang *Cylinder Pile*

Penampang *Cylinder Pile* dimodelkan dengan diameter luar 1,2 m dan diameter dalam 0,9 m dengan material beton 52 MPa yang telah diinput sebelumnya di *material property*.

**Gambar 3.33 Section Property**

### 3. Menggambarkan Geometri *Cylinder Pile*

Struktur dimodelkan dengan batang tegak dengan tinggi 24 m dengan penampang dan material telah tergambar sebelumnya.



**Gambar 3.34** Geometri Struktur

#### 4. Menggambarkan Koefisien Pegas Tanah

Untuk menggambarkan bahwa disekitarnya terdapat tanah, dimodelkan menggunakan pegas. Koefisien pegas tanah ini diklasifikasikan sesuai tanah masing-masing yang terdapat pada tabel 3.9. Pegas tanah dimodelkan setiap 1m.



**Gambar 3.35** Pegas Tanah

**Tabel 3.9** Koefisien Pegas Tanah (Bowles, 1997)

<b>Soil</b>	<b>Ks,kN/m<sup>3</sup></b>
Loose Sand	4800-16000
Medium Dense Sand	9600-80000
Dense Sand	64000-128000
Clayey Medium Dense Sand	32000-80000
Silty Medium Dense Sand	24000-48000
Clayey Soil $q_u \leq 200 \text{ kPa (4-ksf)}$	12000-24000
Clayey Soil $200 < q_u \leq 400 \text{ kPa}$	24000-48000
Clayey Soil $q_u > 800 \text{ kPa}$	>48000

### 5. Input Beban pada Struktur

Beban yang diinput sesuai dengan yang telah dihitung pada perhitungan secara analitis yaitu copping beam, tekanan air, tekanan tanah aktif dan pasif.

## 3.12 Desain *Cylinder Pile* akibat Beban Dinamis

Desain *cylinder pile* menggunakan spesifikasi seperti preliminary desain akibat beban statis sebelumnya. Namun, untuk menentukan apakah desain tersebut dapat dipakai atau tidak ialah mengontrolnya terhadap beberapa hal pada sub bab dibawah ini.

### 3.12.1 Penampang *Cylinder Pile*

*Cylinder pile* beton pratekan diklasifikasikan berdasarkan diameter terluarnya, 300 mm, 350 mm, 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm, 700 mm, 800 mm, 900 mm, 1000 mm, 1100 mm dan 1200 mm.

Minimum tebal selimut beton untuk struktur tiang pancang yang berada di daerah laut ialah 50 mm.

### 3.12.2 Tulangan Longitudinal

Tulangan logitudinal setidaknya tidak kurang dari 4 bar namun sebaiknya 6 bar atau lebih. Rasio minimum antara *cross-sectional area* dengan tulangan beton longitudinal ialah 0,4%. Jarak antar tulangan seharusnya satu atau lebih dari diameternya dan lebih dari 4/3 dari dimensi maksimum dari agregat kasar.

### 3.12.3 Tulangan Pratekan

Perhitungan kebutuhan tulangan pratekan / tendon dihitung dengan menggunakan analisa tegangan sebagai berikut :

$$\sigma = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{Fey}{I} \pm \frac{My}{I} \quad (3-25)$$

Untuk tiang pancang beton pratekan, tegangan pratekan setelah semua kehilangan seharusnya tidak kurang dari 4.8 MPa.

### 3.12.4 Rasio Penulangan

Dari data teknis tersebut rasio penulangan tiang dapat dihitung sebagai berikut,

Luas penampang beton,

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{luar}^2 - D_{dalam}^2) \quad (3-26)$$

Luas tulangan prategang (longitudinal),

$$A_s = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad (3-27)$$



Volume tulangan spiral tiap jarak spasi spiral.

$$V_{sh} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_s^2 \right) \cdot \pi \cdot D_s \quad (3-28)$$

Volume beton terkekang yang dihitung tiap jarak spasi spiral adalah sebagai berikut,

$$V_{cc} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \right) \cdot s \quad (3-29)$$

Setelah mendapatkan luasan dan volume dari beton dan tulangan maka rasio tulangan dapat dihitung sebagai berikut,

Rasio tulangan longitudinal,

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} \quad (3-30)$$

Rasio volumetrik tulangan spiral,

$$\rho_s = \frac{V_{sh}}{V_{cc}} \quad (3-31)$$

### 3.12.6 Kehilangan Gaya Prategang

Pada saat peralihan tegangan beton akan mengalami tegangan tekan akibat gaya prategang yang bekerja pada tulangan. Pada saat gaya prategang dialihkan ke beton, komponen struktur akan memendek dan baja prategang turut memendek bersamanya. Hal ini menyebabkan kehilangan gaya prategang pada tulangan pratekan. Besarnya kehilangan gaya prategang akibat perpendakan elastis beton dirumuskan sebagai berikut (Lin dan Burns 1989) :

$$f_c = \frac{F_i}{A_{cn} + n \cdot A_s} \quad (3-32)$$

$$\Delta f_s = \frac{n \cdot F_i}{A_{cn} + n \cdot A_s} \quad (3-33)$$

$$\Delta f_s = \frac{n \cdot F_i}{A_c + (n-1) \cdot A_s} \quad (3-34)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{E_s}{w^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c}} \quad (3-35)$$

Dimana,

$\Delta f_s$  : Kehilangan prategang, Mpa

$F_i$  : Gaya prategang mula-mula, N

$f_c$  : Tegangan beton, MPa

$f'_c$  : Kuat tekan beton, Mpa

$w$  : Berat jenis beton, kg/m<sup>3</sup>

$A_{cn}, A_s$  : Luas penampang beton netto dan tulangan, mm<sup>2</sup>

### 3.13 Perhitungan Momen *Crack*

Momen crack dimana seratbawah tiang spun pile mengalami tegangan tarik sama dengan kapasitas tarik beton. Kapasitas momen *crack* dan kuat tarik beton menurut SNI

2847-2013 pasal 9.5.2.3 yaitu 
$$M_{cr} = \frac{\left(f_r + \frac{P}{A}\right) I_g}{y} \quad (3-39)$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad (3-40)$$

Dimana I adalah momen inersia penampang dalam mm<sup>4</sup>, y adalah jarak serat terluar terhadap sumbu penampang bruto dalam mm,  $f_r$  adalah kuat tarik beton dalam MPa,  $\lambda$  sama dengan 1, dan  $f'_c$  kuat tekan beton dalam MPa.

### **3.14 Penggambaran Desain *Cylinder Pile***

Hasil akhir dari sebuah desain ialah gambar kerja. Hal ini untuk memudahkan orang lain dalam memahami dan merealisasikannya di lapangan. Maka setelah dilakukan perhitungan desain dan kontrol, hasil desain di gambar dengan menggunakan perangkat lunak AutoCAD.

### **3.15 Kesimpulan dan Saran**

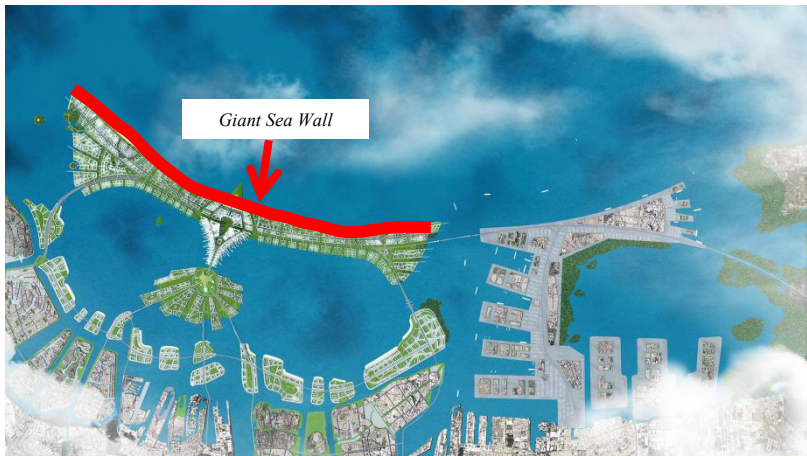
Menarik kesimpulan dari hasil pengerjaan tugas akhir yaitu berupa rekapitulasi desain dan hasil kontrol desain terhadap daktilitasnya. Selain itu, perlu adanya saran yang diajukan sebagai bahan evaluasi yang dapat dipelajari oleh penulis maupun pembaca tugas akhir ini. Diharapkan dengan adanya kesimpulan dan saran, tugas akhir ini dapat dimengerti secara jelas dan tuntas.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV DATA DAN ANALISA

### 4.1 Lokasi dan Karakteristik Struktur *Sea Wall*

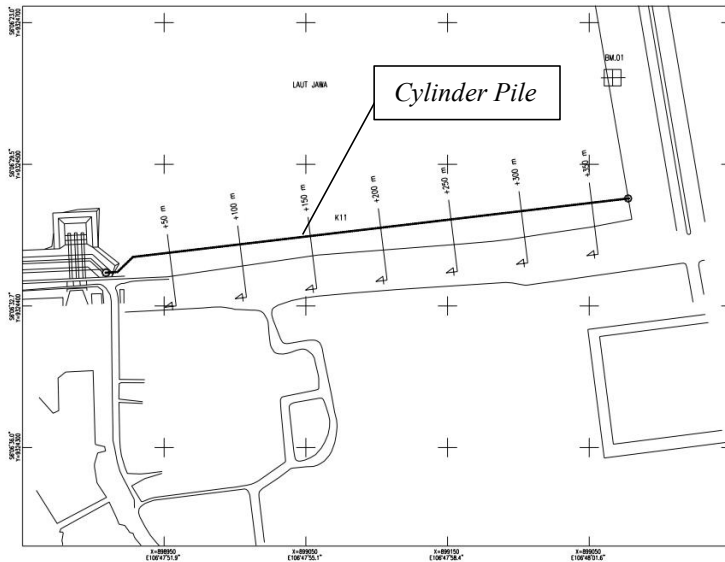
*Giant Sea Wall* Jakarta yang berada di teluk Jakarta merupakan struktur yang digunakan sebagai perkuatan tanah reklamasi di teluk Jakarta. Letak dari struktur *sea wall* yang akan dihitung pada tugas akhir ini terletak di perbatasan antara tanah reklamasi dengan laut Jawa.



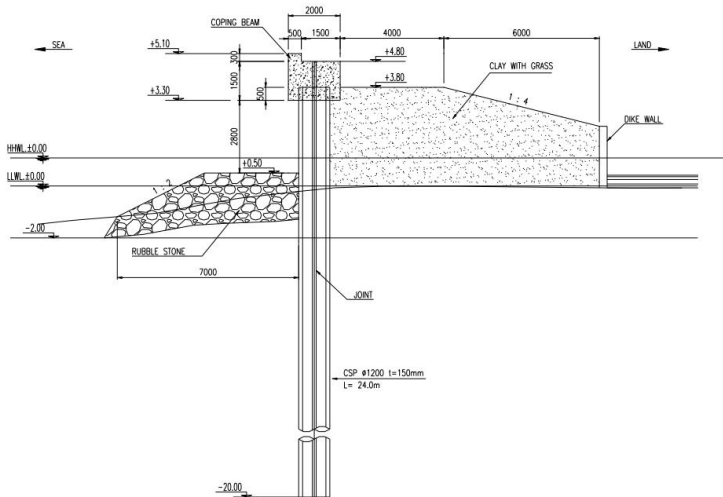
**Gambar 4.1** Letak *Giant Sea Wall*

*Sea Wall* Jakarta berbentuk *sheet pile* dari *cylinder pile* beton berdiameter 1,2 meter dengan sistem pratekan yang dihubungkan oleh sambungan baja. Tanah timbunan reklamasi di belakang *sheet pile* memiliki ketinggian yang berbeda-beda sepanjang *sea wall*. Pada tugas akhir ini, kondisi tanah timbunan yang akan dihitung *cylinder pilenya* ialah yang memiliki tinggi timbunan 6 meter yang memiliki layout seperti gambar 4.2 dan potongan seperti pada gambar 4.3

Desain *sea wall* rencana tersebut hanya dimodelkan terhadap beban statis dengan surcharge  $1,5 \text{ ton/m}^2$ . Untuk itu, desain sebelumnya akan dijadikan preliminary desain pada tugas akhir ini.



**Gambar 4.2** Layout Sheet Pile



**Gambar 4.3** Potongan *Sheet Pile*

## 4.2 Karakteristik Material *Sea Wall*

Pada struktur *Giant Sea Wall* Jakarta direncanakan material baja dan beton dengan karakteristik sebagai berikut:

- Mutu beton,  $f'_c = 52 \text{ MPa}$
- Mutu tulangan,  $f_y = 540 \text{ MPa}$

### 4.2.1 Tegangan-Regangan Material Beton

#### - *Compressive Behaviour*

Menurut ACI 318-11 tegangan inelastis beton terjadi setelah tegangan mencapai  $0,45f'_c$  atau sebesar 23,40 Mpa pada material beton *cylinder pile*.

Nilai tegangan regangan material beton didapat dari hasil perhitungan berdasarkan perumusan yang oleh *United States Department of Transportation – Federal Highway Administration* (FHWA, 2006). Nilai tegangan-regangan dihitung sebagai berikut,

$$n = 0,8 + \frac{52}{17} = 3,859$$

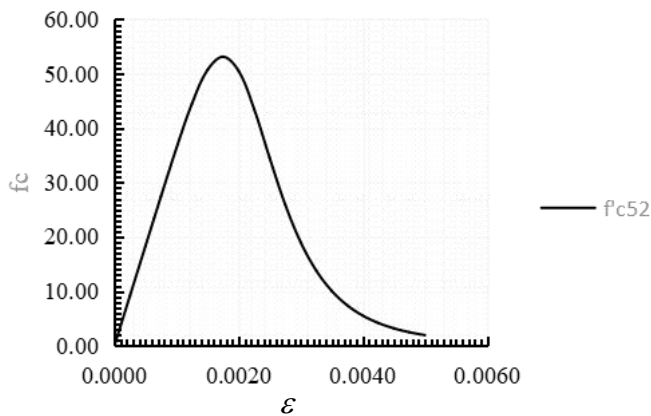
$$\varepsilon'_c = \frac{52}{36458} \cdot \frac{3,859}{3,859 - 1} = 0,002$$

$$k = 0,67 + \frac{52}{62} = 1,509$$

Nilai tegangan didapat dengan memasukan nilai regangan yang dimasukan pada perumusan dibawah ini,

$$\frac{f_c}{52} = \frac{\varepsilon_c}{0,002} \cdot \frac{3,859}{(3,859 - 1) + \left( \frac{\varepsilon_c}{0,002} \right)^{3,859 - 1,509}}$$

Data tegangan regangan beton  $f'_c$  52 ditabelkan pada Tabel 3.4 menunjukan regangan inelastik dimulai pada tegangan 23.40 MPa.

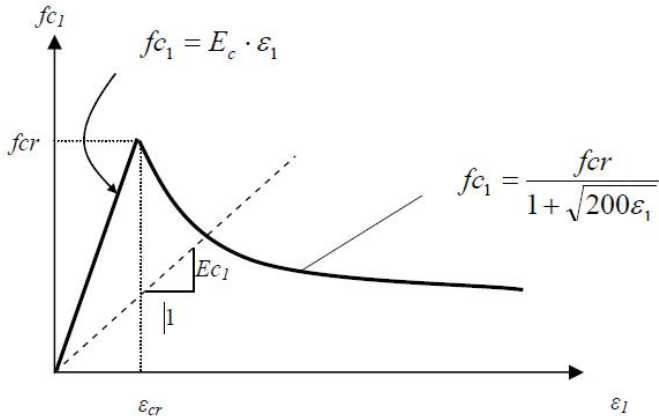


**Gambar 4.4** Diagram tegangan-regangan beton  $f'_c$  52 MPa



- *Tensile Behaviour*

Nilai tegangan-regangan untuk material *cylinder pile* menggunakan usulan Vecchio (1989) yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



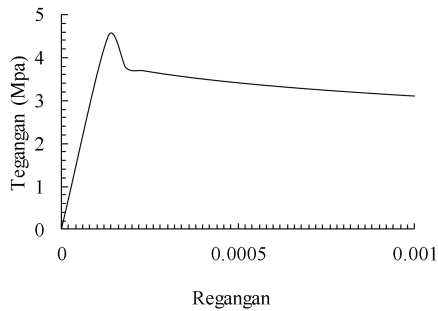
**Gambar 4.5** Tegangan-regangan beton akibat beban tarik (Vecchio, 1989)

Mutu beton *cylinder pile* adalah  $f'_c = 52$  MPa dengan modulus elastisitas  $E_c = 36458$  MPa maka tegangan retak dapat dihitung berdasarkan rumus SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3 dengan rumus berikut :

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62\sqrt{52} = 4,471 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{cr} = \frac{f_r}{E_c} = \frac{4,471}{36458} = 0,000123$$

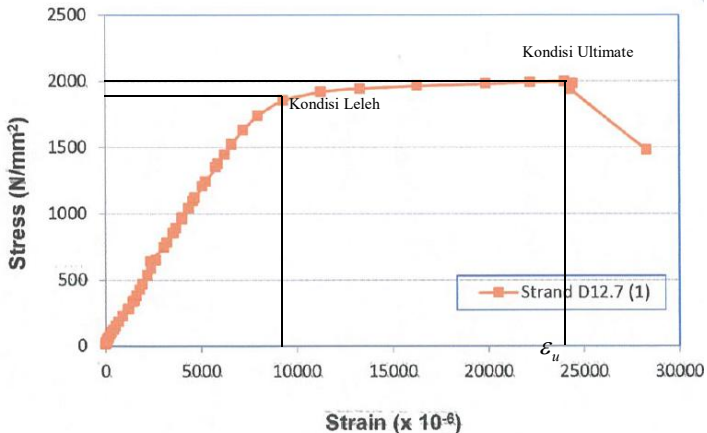
Maka grafik tegangan regangan beton *cylinder pile* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Tegangan-regangan tarik beton *cylinder pile*

#### 4.2.2 Tegangan-Regangan Material Strand Baja

Dalam perhitungan kekuatan dari *cylinder pile*, dibutuhkan data berupa karakteristik dari strand baja pratekan. Data karakteristik ini diperoleh dari hasil uji laboratorium strand baja berdiameter 12,7 mm oleh PT. WIKA Beton. Dari hasil uji kuat tarik, didapatkan grafik hubungan antara tegangan dan regangan yang disajikan pada gambar 4.5.



**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Strand D 12,7 m (Lab. FT-UH,2016)

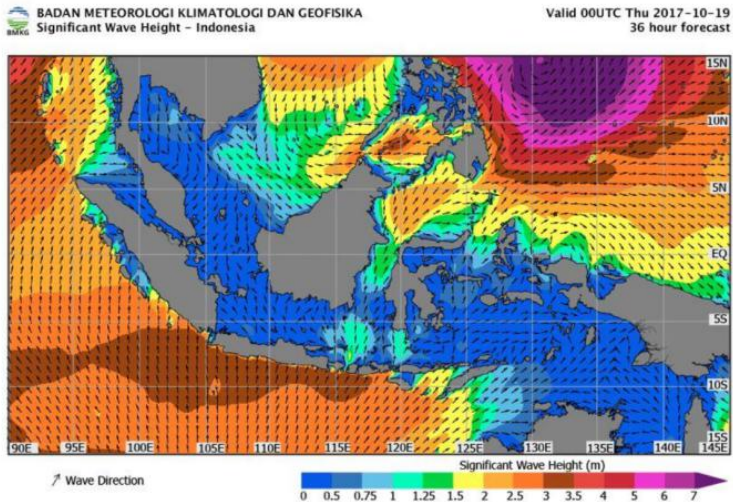
Dari grafik tersebut, didapatkan beberapa nilai dibawah ini :

$$\begin{aligned} f_{pu} &= 2000 \text{ MPa} & \varepsilon_u &= 0,024 \\ f_o &= 1500 \text{ MPa} & (75\% f_{pu}) \\ f_{yp} &= 1997 \text{ MPa} & \varepsilon_y &= 0,009 \end{aligned}$$

#### 4.3 Karakteristik Gelombang

Dalam permodelan beban ombak, dibutuhkan nilai  $H_{1/3}$  atau yang biasa disebut *significant wave height* pada wilayah teluk Jakarta. Terdapat beberapa referensi yang memberikan nilai *significant wave height* dan dapat dijadikan acuan untuk mewakili beban ombak pada input beban dalam merencanakan desain *Giant Sea Wall*. Berikut merupakan beberapa referensinya :

1. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat tinggi gelombang di seluruh Indonesia setiap harinya, termasuk daerah pantai teluk Jakarta. Dari tahun ke tahun, tinggi gelombang atau *significant wave height* pada pantai teluk Jakarta memiliki nilai yang relatif sama yaitu antara 0 hingga 0,5. Hal ini dikarenakan letak teluk Jakarta yang berada diperairan tertutup atau tidak langsung menghadap samudra seperti pantai selatan.



**Gambar 4.8** Significant Wave Height Indonesia (BMKG,2017)

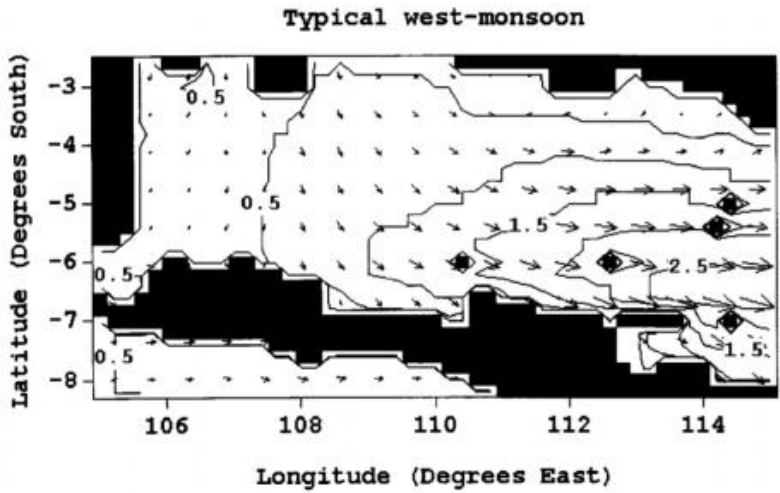
2. Hasil perhitungan gelombang oleh yuliasari,dkk tahun 2010 di sekitar Pantai Marina Ancol yang terletak di kawasan yang sama dengan *sea wall*. Dari perhitungan tersebut bisa didapatkan tinggi gelombang maksimum, signifikan dan minimum yang disajikan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Perhitungan Gelombang di Pantai Marina, teluk Jakarta (yuliasari,dkk,2010)

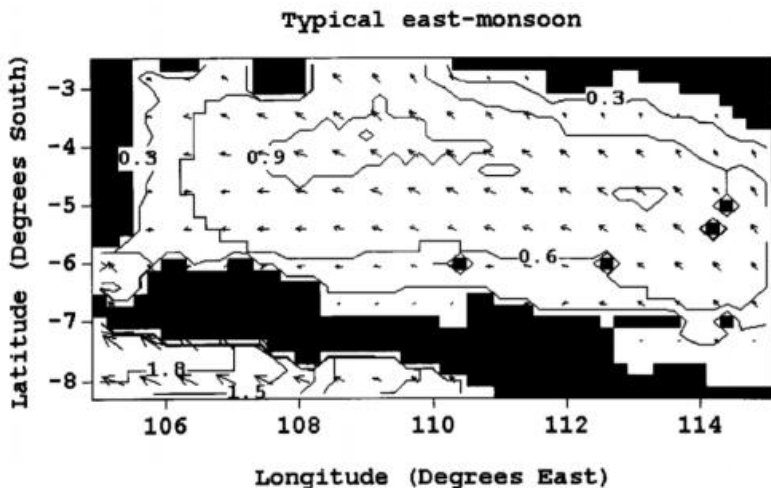
	$H_o$ (m)	$L_o$ (m)	$T_o$ (det)	$\alpha_o$ (°)	$H_b$ (m)	$d_b$ (m)	$L_b$ (m)	$\alpha_b$ (°)	Longshore current (m/det)
H max	0,96	267,7	13,1	45	1,69	1,27	98,10	45,01	0,151
H signifikan	0,35	113,8	8,54	45	0,57	0,43	61,88	45,01	0,075
H min	0,2	99,8	8	45	0,35	0,27	56,99	45,01	0,039

Tabel tersebut menunjukkan bahwa H signifikan yang terjadi ialah 0,35 meter.

3. Observasi yang dilakukan oleh A. G. Ilahude di teluk Jakarta diseminarkan pada *proceedings of the Jakarta Workshop on Coastal Resources Management* 1980 tentang *oceanography*. Hasil observasi yang dilakukan, didapatkan nilai tinggi gelombang pada wilayah teluk jakarta ialah sebesar 0,1-1 meter.
4. Penelitian oleh Nining, dkk yang telah dipublikasi oleh *researchgate* tahun 2000, mendapatkan plottingan tinggi gelombang pada 2 musim. Pada gambar 4.5 menunjukkan plottingan tinggi gelombang saat angin muson barat, yang menunjukkan bahwa pada wilayah teluk jakarta memiliki tinggi gelombang sebesar 0,5 meter. Sedangkan pada gambar 4.6 menunjukkan tinggi gelombang teluk Jakarta saat angin muson timur ialah 0,3 meter.



**Gambar 4.9** *Significant Wave Height* (dalam meter) Pulau Jawa saat Angin Muson Barat (Nining,dkk,2000)



**Gambar 4.10** *Significant Wave Height* (dalam meter) Pulau Jawa saat Angin Muson Timur (Nining,dkk,2000)

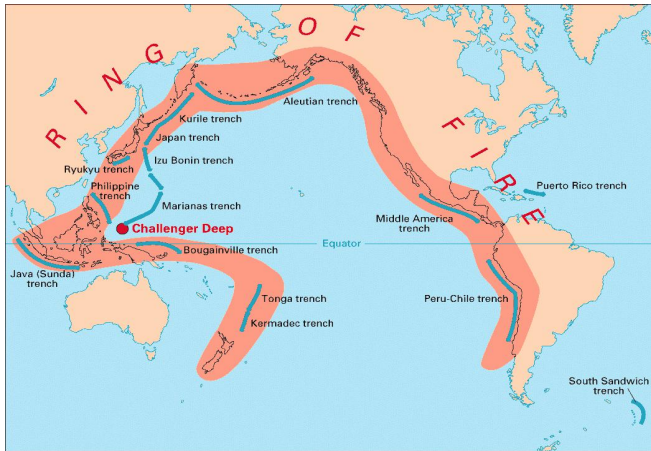
Dari beberapa referensi diatas, didapatkan rekapitulasi data yang disajikan pada tabel 4.2. Oleh karena itu, penulis menyimpulkan untuk mengambil nilai  $H_{1/3}$  atau *significant wave height* sebesar 0,5 m.

**Tabel 4.2** Rekapitulasi *Significant Wave Height* dari Beberapa Referensi

Sumber	Significant High Wave (m)
BMKG	0-0,5
Penelitian Yuliasari,dkk (2000)	0,35
Observasi A. G. Ilahude (1980)	0,1-1
Penelitian Nining, dkk (2000)	0,3-0,5

#### 4.4 Karakteristik Gempa

Peraturan yang digunakan dalam menghitung beban gempa pada *sea wall* ialah OCDI *chapter* 12 untuk struktur *sea wall* bentuk *pile*. OCDI dipakai dijadikan acuan dikarenakan karakteristik gempa di Indonesia hampir sama dengan di Jepang. Keduanya sama-sama dilewati oleh *Ring of Fire* sehingga sering terjadi gempa. Gambar 4.7. menggambarkan bahwa Indonesia dan Jepang memiliki karakteristik seismik yang sama.



**Gambar 4.11** *Ring of Fire* (pubs.usgs.gov,2017)

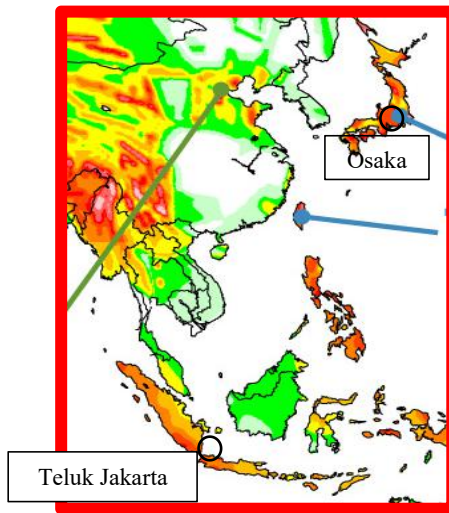
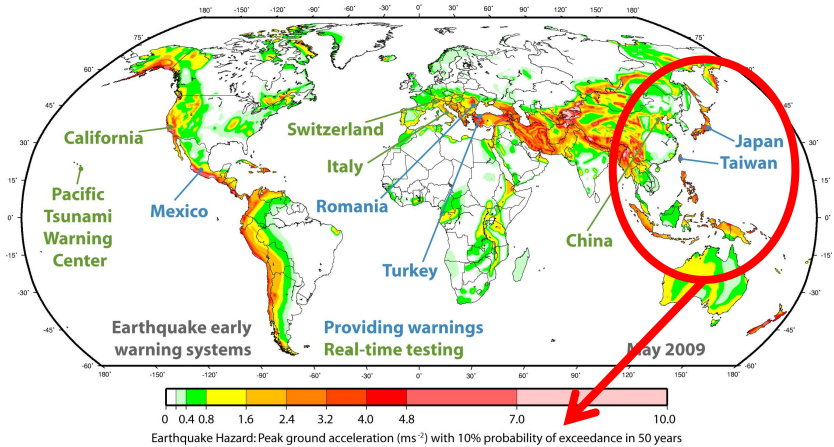
Dalam menghitung beban gempa, OCDI memiliki beberapa langkah sebagai berikut :

5. Menentukan *Regional Seismic Coefficient* yang bisa dipilih pada tabel 4.3. Setiap daerah memiliki koefisien masing-masing. Dikarenakan OCDI merupakan peraturan untuk negara Jepang, maka tempat-tempat yang tersedia semua di Jepang.



**Tabel 4.3 Regional Seismic Coefficient (OCDI,2002)**

Regional classification		Regional seismic coefficient
Region A	Counties of Nemuro, Kushiro, Tokachi and Hidaka in Hokkaido Prefecture; Saitama Prefecture, Chiba Prefecture; Tokyo, except for Hachijo-jima and Ogasawara Islands; Kanagawa Prefecture, Yamanashi Prefecture, Shizuoka Prefecture, Aichi Prefecture, Gifu Prefecture, Fukui Prefecture, Shiga Prefecture, Mie Prefecture, Nara Prefecture, Wakayama Prefecture, Osaka Prefecture, Hyogo Prefecture	0.15
Region B	Pacific Ocean coast south of Shiriya-zaki of Aomori Prefecture; Iwate Prefecture, Miyagi Prefecture, Fukushima Prefecture, Ibaraki Prefecture, Tochigi Prefecture, Gunma Prefecture, Nagano Prefecture, Kyoto Prefecture, Kochi Prefecture, Tokushima Prefecture	0.13
Region C	Counties of Iburi, Oshima and Hiyama in Hokkaido Prefecture; Aomori Prefecture except for the Pacific Ocean coast south of Shiriya-zaki; Akita Prefecture, Yamagata Prefecture, Niigata Prefecture, Toyama Prefecture, Ishikawa Prefecture, Tottori Prefecture, Hiroshima Prefecture, Ehime Prefecture, Oita Prefecture, Miyazaki Prefecture, Kumamoto Prefecture; Amami Islands in Kagoshima Prefecture	0.12
Region D	Counties of Abashiri, Shiribeshi, Ishikari, Sorachi, Rumoi and Kamikawa in Hokkaido Prefecture; Okayama Prefecture, Shimane Prefecture, Kagawa Prefecture, Nagasaki Prefecture except for Goto Islands, Iki-no-shima and Tsushima; Saga Prefecture, Kagoshima Prefecture except for Amami Islands, Okinawa Prefecture except for Daito Islands	0.11
Region E	Counties of Soya in Hokkaido Prefecture; Hachijo-jima and Ogasawara Islands in Tokyo; Yamaguchi Prefecture, Fukuoka Prefecture; Goto Retto, Iki-no-shima and Tsushima in Nagasaki Prefecture; Daito Islands in Okinawa Prefecture	0.08



**Gambar 4.12** *World Earthquake Hazard*  
(<http://seismo.berkeley.edu>, 2017)

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa daerah teluk Jakarta memiliki warna yang sama dengan daerah Osaka di

Jepang. Sehingga diambil nilai koefisien gempa berdasarkan regional sebesar 0,15

6. Menentukan *Subsoil Condition Factor*. Subsoil pada struktur *sea wall* Jakarta merupakan tipe tanah berpasir dan tanah kohesif yang memiliki ketebalan 14 meter sehingga termasuk golongan lebih dari 5 meter dan kurang dari 25 meter. Sehingga, dari tabel 4.4 didapatkan bahwa klasifikasi dari sub soil *sea wall* Jakarta ialah termasuk *Class II*. Setelah itu, lihat tabel 4.5 untuk mengetahui besar koefisien faktornya. Pada tabel 4.5 didapatkan bahwa tipe *class II* memiliki koefisien sebesar 1,0.

**Tabel 4.4** Klasifikasi berdasarkan Subsoil (OCDI,2002)

Type of subsoil Thickness of quaternary strata	Gravel stratum	Ordinary sandy soil and cohesive soil	Soft subsoil
5 meters or less	Class I	Class I	Class II
More than 5 meters and less than 25 meters	Class I	Class II	Class III
25 meters or greater	Class II	Class III	Class III

**Tabel 4.5** Faktor Kondisi Subsoil (OCDI,2002)

Type of subsoil	Class I	Class II	Class III
Factor for subsoil conditions	0.8	1.0	1.2

7. Menentukan Faktor Keutamaan Struktur.

Struktur *Sea Wall* Jakarta akan menjadi perkuatan dari tanah reklamasi yang akan dibangun di teluk Jakarta. Tentunya, diatas tanah reklamasi akan dibangun banyak bangunan yang berdiri di berbagai sektor. Mulai dari hunian hingga perdagangan dan industri. Kegagalan pada struktur *sea wall* akan menyebabkan kerugian besar yang ditanggung oleh banyak pihak. Selain itu, korban jiwa akan banyak berjatuhan apabila terjadi kegagalan struktur dikarenakan diatas tanah reklamasi akan banyak aktivitas manusia.

**Tabel 4.6** Faktor Keutamaan Struktur (OCDI,2002)

Type of structure	Structure characteristics	Importance factor
Special class	Among structures in the category of Class A, those having a remarkable risk specified in the item 1, a grave consequence in the item 2, or a serious threat in the item 4, or those having a particular importance in the item 3	1.5
Class A	1 Having high level of risk to cause large loss of human lives and property if the structure is damaged by an earthquake 2 Having serious economic and social consequences if the structure is damaged by an earthquake 3 Having an important role in restoration works after earthquake disaster 4 Having threat of huge loss of human lives and property, if the structure is damaged by an earthquake (ie., structures handling toxic or hazardous substances) 5 Having difficulty in restoration if the structure is damaged by an earthquake	1.2
Class B	Structures other than those classified as Special, Class A or Class C	1.0
Class C	Slight economic and social consequences if the structure is damaged by an earthquake, or easy restoration among structures other than those classified as Special or Class A	0.8

#### 8. Menghitung Koefisien Seismik

Koefisien Seismik = *Regional Seismic Coefficient* × *Subsoil Condition Factor* × Faktor Keutamaan Struktur

$$= 0,15 \times 1,0 \times 1,5$$

$$= \underline{0,225}$$

#### 4.5 Data Tanah

Data tanah yang didapatkan dari hasil test lapangan oleh PT. WIKA Beton ialah data SPT yang dapat dilihat pada tabel 4.7 dan tabel 4.8. Dari nilai SPT, terdapat beberapa nilai yang bisa didapat. Pada tabel 4.7 disajikan karakteristik tanah pada daerah yang akan dibangun *Giant Sea Wall* Jakarta. Sedangkan data karakteristik tanah timbunan yang digunakan untuk reklamasi disajikan pada tabel 4.8.

**Tabel 4.7** Parameter Tanah Desain (dokumen perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta,2015)

Depth (m)			Soil Type	N-SPT	Symbol	Undrained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )			
						cu	$\Phi$	Eu (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	C'	$\Phi'$
0	-	1	Lempung pasir berlanau	2	C	13	-	1950	0.35	1170	0.35	0	25
1	-	15	Lempung berlanau	5.4	C	35	-	5265	0.35	3159	0.35	0	28
15	-	19	Lempung lanau berpasir	25.7	C	167	-	66820	0.35	40092	0.35	0	38
19	-	21	Pasir berlanau	35	S	-	40	24500	0.25	24500	0.25	0	40
21	-	24	Pasir berlanau	55	S	-	46	38500	0.25	38500	0.25	0	46

**Tabel 4.8** Parameter Tanah Timbunan (dokumen perencanaan *Giant Sea Wall* Jakarta,2015)

Soil Type	N-SPT	Symbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )			
			cu	$\Phi$	Eu (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson ratio
SAND FILL	7	S	-	26	4900	0.25
CLAY FILL	6	C	39	-	11700	0.35

Pada perhitungan reaksi akibat tanah, dibutuhkan data berat jenis tanah ( $\gamma$ ). Data ini bisa didapatkan menggunakan tabel korelasi antara data N-SPT dengan  $\gamma$  tanah yang disajikan pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Korelasi n-SPT dengan Karakteristik Tanah Lainnya  
(J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 1999)

<b>Cohesionless Soil (S)</b>					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\Phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<b>Cohesive Soil (C)</b>					
N (blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Dari hasil iterasi dari beberapa nilai yang diketahui dan dikorelasikan nilai yang dicari tersebut didapatkan hasil seperti yang terdapat pada tabel 4.10 dan 4.11 untuk data tanah lapangan dan tabel 4.12 untuk data tanah timbunan. Data-data tersebut digunakan dalam proses perhitungan reaksi pembebanan akibat tanah.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi Input Data Tanah Asli (*Short Term*)

Depth (m)			Soil Type	N-SPT	Simbol	Undrained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
						cu	$\Phi$	Eu	Poisson Ratio	$\gamma$
								(kN/m <sup>2</sup> )		(kN/m <sup>3</sup> )
0	-	1	Lempung Pasir Berlanau	2	C	13	-	1950	0.35	16
1	-	15	Lempung Berlanau	5.4	C	35	-	5265	0.35	17.4
15	-	19	Lempung Lanau Berpasir	25.7	C	167	-	66820	0.35	21
19	-	21	Pasir Berlanau	35	S	-	40	24500	0.25	16.84
21	-	24	Pasir Berlanau	55	S	-	46	38500	0.25	19

**Tabel 4.11** Rekapitulasi Input Data Tanah Asli (*Long Term*)

Depth (m)			Soil Type	N-SPT	Simbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
						Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	C'	$\Phi'$	$\gamma'$
										(kN/m <sup>3</sup> )
0	-	1	Lempung Pasir Berlanau	2	C	1170	0.35	0	25	6.20
1	-	15	Lempung Berlanau	5.4	C	3159	0.35	0	28	7.60
15	-	19	Lempung Lanau Berpasir	25.7	C	40092	0.35	0	38	11.20
19	-	21	Pasir Berlanau	35	S	24500	0.35	0	40	16.84
21	-	24	Pasir Berlanau	55	S	38500	0.35	0	46	19.00

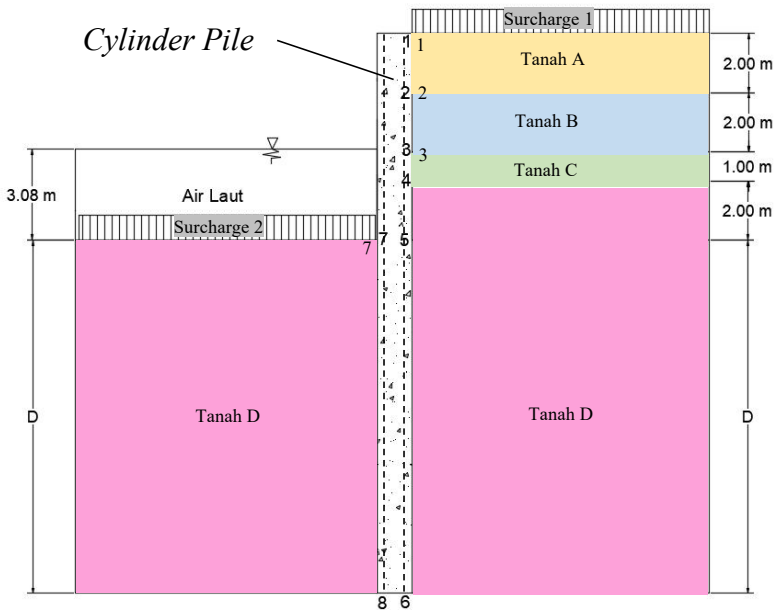
**Tabel 4.12** Rekapitulasi Input Data Tanah Timbunan

Soil Type	N-SPT	Simbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
			cu	$\Phi$	Eu	Poisson	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
					(kN/m <sup>2</sup> )	Ratio	
Sand Fill	7	S	-	26	4900	0.25	14
Clay Fill	6	C	39	-	11700	0.35	18

#### 4.6 Skema Geometri *Sea Wall*

Untuk mempermudah proses perhitungan dan permodelan *sea wall*, diperlukan gambar skema geometri sebagai visualisasi struktur dan kondisi disekitarnya meliputi kondisi air laut, tanah asli, tanah timbunan atau reklamasi, dan *cylinder pile*.





**Gambar 4.13** Skema Geometri *Sea Wall*

**Keterangan :**

Surcharge 1 = Beban tambahan rencana di atas tanah reklamasi  
(Short Term =  $1,5 \text{ ton/m}^2$ ; Long Term =  $0,5 \text{ ton/m}^2$ )

Surcharge 2 = Rubble Stone dimodelkan sebagai beban merata  
( $3,6 \text{ ton/m}^2$ )

**4.6 Perhitungan Kebutuhan Panjang *Cylinder Pile***

Panjang *cylinder pile* berasal dari penjumlahan 2 bagian, yaitu yang berada di atas tanah dan yang terpancang dibawah tanah. Untuk panjang yang dipancang tergantung akan 2 kondisi, yaitu *short term* dan *long term*. Sedangkan panjang diatas pemancangan akan selalu sama.

#### 4.6.1 Panjang *Cylinder Pile* di Atas Permukaan Tanah (h1)

Pada preliminary desain sebelumnya, didapatkan bahwa panjang di atas tanah ialah 5,5 m. Untuk mengontrol bahwa panjang struktur tersebut telah memenuhi maka dilakukan kontrol dengan mencari panjang minimal struktur, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h1 &= HHWL + SHW + W + P + \text{Tinggi Rubble Stone} \\ &= 3,08 + 0,5 + 0,4 + 0,5 + 2,5 \\ &= \mathbf{6,89 \text{ m} < 7 \text{ m (OK)}} \end{aligned}$$

Sehingga panjang 7 meter pada preliminary desain sebelumnya bisa dipakai.

Dimana,

$h1$  = Panjang Struktur Minimal

$HHWL$  = *Highest High Water Level* (HHWL)

$SHW$  = *Significant Wave Height*

$W$  = tinggi jagaan (diambil 0,4 m)

$P$  = tinggi *cylinder pile* yang masuk di *Pile Cap*

#### 4.6.2 Panjang *Cylinder Pile* yang dipancangkan (D)

Tanah timbunan untuk reklamasi dihitung secara *long term* atau *drained* karena tanah reklamasi telah diolah sedemikian rupa seperti di *overconsolidation* terlebih dahulu sehingga sudah tidak ada pemampatan skala besar yang akan terjadi dari tahun ke tahun.

**Tabel 4.13** Tanah Timbunan

Soil Type	N-SPT	Simbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
			cu	Φ	Eu	Poisson Ratio	γ(kN/m <sup>3</sup> )
					(kN/m <sup>2</sup> )		
A	7	S	-	26	4900	0.25	14
B	6	C	39	-	11700	0.35	18

#### A. Kondisi Short Term

**Tabel 4.14** Tanah Asli Kondisi *Short Term*

Depth (m)	Soil Type	N-SPT	Simbol	Undrained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
				cu	Φ	Eu	Poisson Ratio	γ
						(kN/m <sup>2</sup> )		(kN/m <sup>3</sup> )
0 - 1	C	2	C	13	-	1950	0.35	16
1 - 15	D	5.4	C	35	-	5265	0.35	17.4
15 - 19	E	25.7	C	167	-	66820	0.35	21
19 - 21	F	35	S	-	40	24500	0.25	16.84

#### 1. Menghitung Koefisien Tanah

##### -Soil Type A

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 26/2) & &= 1/0,39 \\
 &= 0,39 & &= 2,56
 \end{aligned}$$

##### -Soil Type B

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 0/2) & &= 1/1 \\
 &= 1 & &= 1
 \end{aligned}$$

-Soil Type C

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 0/2) & &= 1/1 \\
 &= 1 & &= 1
 \end{aligned}$$

-Soil Type D

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 0/2) & &= 1/1 \\
 &= 1 & &= 1
 \end{aligned}$$

-Soil Type E

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 0/2) & &= 1/1 \\
 &= 1 & &= 1
 \end{aligned}$$

-Soil Type F

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 40/2) & &= 1/0,22 \\
 &= 0,22 & &= 4,55
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Tegangan Tanah Vertikal ( $\sigma_v$ )**\*\*\* Aktif**

$$\sigma_{v1} = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v2} = \sigma_{v1} + \gamma_A \cdot h_A = 15 + (14.2) = 43 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v3} = \sigma_{v2} + \gamma_B \cdot h_B = 43 + (18.2) = 79 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v4} = \sigma_{v3} + \gamma_C \cdot h_C = 79 + (16.1) = 95 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v5} = \sigma_{v4} + \gamma_D \cdot h_D = 95 + (17,4.2) = 129,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v6} = \sigma_{v5} + \gamma_D \cdot h_D = 129,8 + 17,4D \text{ kN/m}^2$$

### **\*\* Pasif**

$$\sigma_{v7} = 36 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v8} = \sigma_{v7} + \gamma_D \cdot h_D = 36 + 17,4D \text{ kN/m}^2$$

### 3. Menghitung Tegangan Tanah Horizontal ( $\sigma_h$ )

#### **\*\* Aktif**

##### **- Titik 1**

$$\begin{aligned}\sigma_{H1b} &= \sigma_{v1} \cdot K_{aA} - 2c_A \sqrt{K_{aA}} \\ &= (15.0,39) - (2.0. \sqrt{0,39}) = 5,85 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 2 Atas**

$$\begin{aligned}\sigma_{H2a} &= \sigma_{v2} \cdot K_{aA} - 2c_A \sqrt{K_{aA}} \\ &= (43.0,39) - (2.0. \sqrt{0,39}) = 16,77 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 2 Bawah**

$$\begin{aligned}\sigma_{H2b} &= \sigma_{v2} \cdot K_{aB} - 2c_B \sqrt{K_{aB}} \\ &= (43.1) - (2.39. \sqrt{1}) = -35 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 3 Atas**

$$\begin{aligned}\sigma_{H3a} &= \sigma_{v3} \cdot K_{aB} - 2c_B \sqrt{K_{aB}} \\ &= (79.1) - (2.39. \sqrt{1}) = 1 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 3 Bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{H3b} &= \sigma_{v3} \cdot K_{aC} - 2c_C \sqrt{K_{aC}} \\ &= (79.1) - (2.13 \cdot \sqrt{1}) = 53 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 Atas

$$\begin{aligned}\sigma_{H4a} &= \sigma_{v4} \cdot K_{aC} - 2c_C \sqrt{K_{aC}} \\ &= (95.1) - (2.13 \cdot \sqrt{1}) = 69 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 Bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{H4b} &= \sigma_{v4} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= (95.1) - (2.35 \cdot \sqrt{1}) = 25 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 5

$$\begin{aligned}\sigma_{H5a} &= \sigma_{v5} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= (129,8.1) - (2.35 \cdot \sqrt{1}) = 59,8 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 6

$$\begin{aligned}\sigma_{H6a} &= \sigma_{v6} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= 129,8 + 17,4D - (2.35) \\ &= 59,8 + 17,4D \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**\*\* Pasif**

- Titik 7

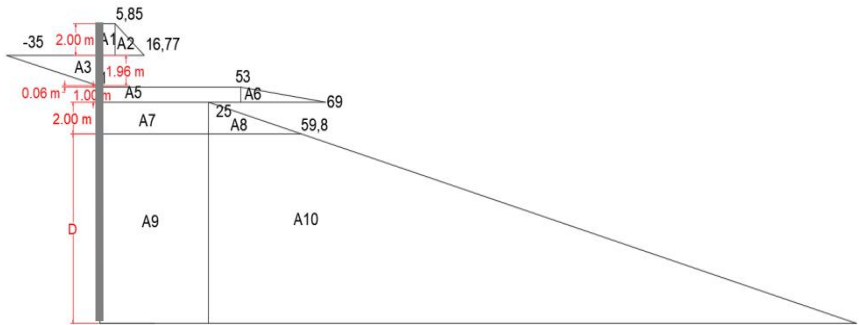
$$\begin{aligned}\sigma_{H7} &= \sigma_{v7} \cdot K_{pD} + 2c_D \sqrt{K_{pD}} \\ &= (36.1) + (2.13 \cdot \sqrt{1}) = 62 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 8

$$\begin{aligned}\sigma_{H8} &= \sigma_{v8} \cdot K_{pD} + 2c_D \sqrt{K_{pD}} \\ &= (36 + 17,4D) \cdot 1 + (2 \cdot 13) \cdot 1 \\ &= 62 + 17,4D \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4. Menghitung Tekanan Tanah Horizontal

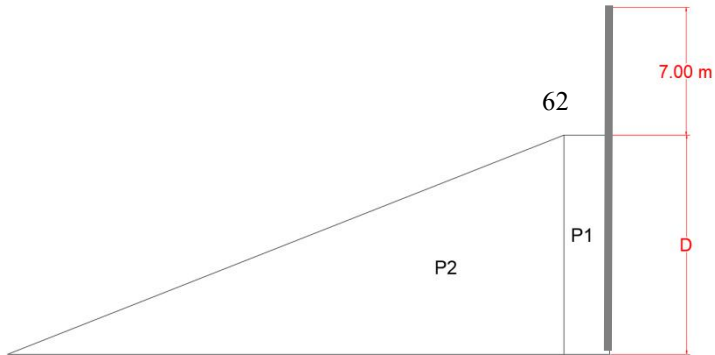
**\*\* Aktif**



**Gambar 4.14** Tekanan Tanah Aktif *Short Term*

A1	= 5,85 x 2	=	11,7	kN/m'
A2	= 0,5 x (16,77-5,85) x 2	=	10,92	kN/m'
A3	= 0,5 x 35 x 1,96	=	-34,3	kN/m'
A4	= 0,5 x 1 x 0,06	=	0,03	kN/m'
A5	= 53 x 1	=	53	kN/m'
A6	= 0,5 x (69-53) x 1	=	8	kN/m'
A7	= 25 x 2	=	50	kN/m'
A8	= 0,5 x (59,8-25) x 2	=	34,8	kN/m'
A9	= 59,8 x D	=	59,8D	kN/m'
A10	= 0,5x(59,8+17,4D - 59,8)x D	=	8,7 D <sup>2</sup>	kN/m'

### **\*\* Pasif**



**Gambar 4.15** Tekanan Tanah Pasif *Short Term*

$$P1 = 62 \times D = 62D \text{ kN/m'}$$

$$P2 = 0,5 (62 + 17,4D - 62) \times D = 8,7D^2 \text{ kN/m'}$$

## 5. Perhitungan Momen

### **\*\* Aktif**

**Tabel 4.15** Perhitungan Momen Aktif *Short Term*

No	Pa (kN)	Jarak ke titik O			Ma (kNm)			
						D <sup>3</sup>	D <sup>2</sup>	D
A1	11.70	6.00	+	D	70.20			11.7
A2	10.92	5.67	+	D	61.92			10.92
A3	-34.30	4.37	+	D	-149.79			-34.3
A4	0.03	3.02	+	D	0.09			0.03
A5	53.00	2.50	+	D	132.50			53
A6	8.00	2.33	+	D	18.64			8
A7	50.00	1.00	+	D	50.00			50
A8	34.80	0.67	+	D	23.32			34.8
A9	59.8D		+	0.5 D			29.90	
A10	8.7D <sup>2</sup>		+	0.33 D		2.87		
<b>Total Momen</b>					<b>206.87</b>	<b>2.87</b>	<b>29.90</b>	<b>134.15</b>

Keterangan : D = panjang penanaman *cylinder pile*

Persamaan Aktif:  $\sum Ma = 2,87 D^3 + 29,9 D^2 + 134,15D + 206,87$



### **\*\* Pasif**

**Tabel 4.16** Perhitungan Momen Pasif *Short Term*

No	Pp (kN)	Jarak ke titik O			Mp (kNm)			
					D <sup>3</sup>	D <sup>2</sup>	D	
P1	(-) 62D		+	0.5 D		-31.00		
P2	(-) 8.7 D <sup>2</sup>		+	0.33 D	-9.03			
				<b>Total Momen</b>	<b>0.00</b>	<b>-9.03</b>	<b>-31.00</b>	<b>0.00</b>

Keterangan : D = panjang penanaman *cylinder pile*

$$\text{Persamaan Pasif: } \sum Mp = -9,03 D^3 - 31 D^2$$

#### 6. Perhitungan Kedalaman *Cylinder Pile* (D)

Perhitungan kedalaman *cylinder pile* didapatkan dengan persamaan  $\sum M = 0$ , sehingga :

$$\begin{aligned} \sum M &= \sum Ma + \sum Mp \\ &= 2,87D^3 + 29,9D^2 + 134,15D + 206,87 - 9,03 D^3 - 31 D^2 \\ &= -6,16D^3 - 1,1D^2 + 134,15D + 206,87 \end{aligned}$$

Setelah dihitung menggunakan rumus abc didapatkan nilai D=5,2 m. Direncanakan dengan SF = 2,5 , maka kedalaman *cylinder pile* : 5,2 x 2,5 = 13 m. Dengan demikian, panjang total minimal dari *cylinder pile* adalah panjang diatas tanah (h1) + kedalaman penanaman (D) = 7 + 13 = 20 m. Karena preliminary desain sebelumnya lebih besar dari minimal panjang, yaitu 24 m. Maka, preliminary desain sebelumnya dapat dipakai dimensinya.

## B. Kondisi Long Term

### 1. Menghitung Koefisien Tanah

**Tabel 4.17** Tanah Asli Kondisi *Long Term*

Depth (m)	Soil Type	N-SPT	Symbol	Drained Parameter (kN/m <sup>2</sup> )				
				Ed (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson Ratio	C'	Φ'	γ' (kN/m <sup>3</sup> )
0 - 1	C	2	C	1170	0.35	0	25	6.20
1 - 15	D	5.4	C	3159	0.35	0	28	7.60
15 - 19	E	25.7	C	40092	0.35	0	38	11.20
19 - 21	F	35	S	24500	0.35	0	40	16.84

#### -Soil Type A

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 26/2) & &= 1/0,39 \\
 &= 0,39 & &= 2,56
 \end{aligned}$$

#### -Soil Type B

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 0/2) & &= 1/1 \\
 &= 1 & &= 1
 \end{aligned}$$

#### -Soil Type C

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 25/2) & &= 1/0,41 \\
 &= 0,41 & &= 2,44
 \end{aligned}$$

#### -Soil Type D

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 28/2) & &= 1/0,36 \\
 &= 0,36 & &= 2,78
 \end{aligned}$$

-Soil Type E

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 38/2) & &= 1/0,24 \\
 &= 0,24 & &= 4,17
 \end{aligned}$$

-Soil Type F

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \Phi/2) & K_p &= 1/K_a \\
 &= \tan^2(45 - 40/2) & &= 1/0,22 \\
 &= 0,22 & &= 4,55
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Tegangan Tanah Vertikal ( $\sigma_v$ )**\*\* Aktif**

$$\sigma_{v1} = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v2} = \sigma_{v1} + \gamma_A \cdot h_A = 5 + (14.2) = 33 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v3} = \sigma_{v2} + \gamma_B \cdot h_B = 33 + (18.2) = 69 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v4} = \sigma_{v3} + \gamma_C \cdot h_C = 69 + (6.2.1) = 75,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v5} = \sigma_{v4} + \gamma_D \cdot h_D = 75,2 + (7.6.2) = 90,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v6} = \sigma_{v5} + \gamma_E \cdot h_E = 90,4 + 7,6.D \text{ kN/m}^2$$

**\*\* Pasif**

$$\sigma_{v7} = 36 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v8} = \sigma_{v7} + \gamma_D \cdot h_D = 36 + (7,6. D) \text{ kN/m}^2$$

### 3. Menghitung Tegangan Tanah Vertikal ( $\sigma_h$ )

#### **\*\* Aktif**

##### **- Titik 1**

$$\begin{aligned}\sigma_{H1} &= \sigma_{v1} \cdot K_{aA} - 2c_A \sqrt{K_{aA}} \\ &= (5.0,39) - (2.0 \cdot \sqrt{0,39}) = 1,95 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 2 Atas**

$$\begin{aligned}\sigma_{H2a} &= \sigma_{v2} \cdot K_{aA} - 2c_A \sqrt{K_{aA}} \\ &= (33.0,39) - (2.0 \cdot \sqrt{0,39}) = 12,87 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 2 Bawah**

$$\begin{aligned}\sigma_{H2b} &= \sigma_{v2} \cdot K_{aB} - 2c_B \sqrt{K_{aB}} \\ &= (33.1) - (2.39 \cdot \sqrt{1}) = -45 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 3 Atas**

$$\begin{aligned}\sigma_{H3a} &= \sigma_{v3} \cdot K_{aB} - 2c_B \sqrt{K_{aB}} \\ &= (69.1) - (2.39 \cdot \sqrt{1}) = -9 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 3 Bawah**

$$\begin{aligned}\sigma_{H3b} &= \sigma_{v3} \cdot K_{aC} - 2c_C \sqrt{K_{aC}} \\ &= (69.0,41) - (2.0 \cdot \sqrt{0,41}) = 28,29 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

##### **- Titik 4 Atas**

$$\begin{aligned}\sigma_{H4a} &= \sigma_{v4} \cdot K_{aC} - 2c_C \sqrt{K_{aC}} \\ &= (75.2.0,41) - (2.0 \cdot \sqrt{0,41}) = 30,83 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 4 Bawah

$$\begin{aligned}\sigma_{H4b} &= \sigma_{v4} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= (75,2,0,36) - (2,0 \cdot \sqrt{0,36}) = 27,1 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 5

$$\begin{aligned}\sigma_{H5} &= \sigma_{v5} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= (90,4,0,36) - (2,0 \cdot \sqrt{0,36}) = 32,54 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 6

$$\begin{aligned}\sigma_{H6} &= \sigma_{v6} \cdot K_{aD} - 2c_D \sqrt{K_{aD}} \\ &= (90,4 + 7,6 \cdot D) \cdot 0,36 = 32,54 + 2,74D \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**\*\* Pasif**

- Titik 7

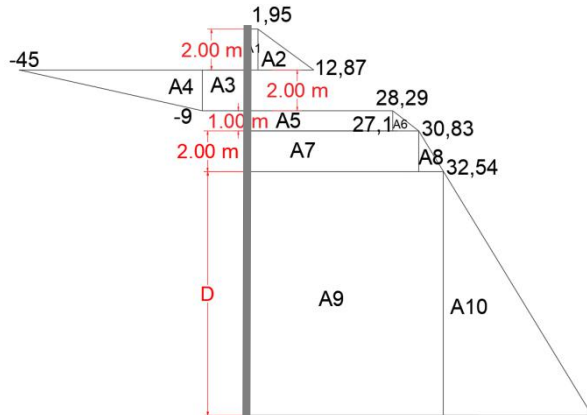
$$\begin{aligned}\sigma_{H7} &= \sigma_{v7} \cdot K_{pD} + 2c_D \sqrt{K_{pD}} \\ &= (36,2,78) + (2,0 \cdot \sqrt{2,78}) = 100,08 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Titik 8

$$\begin{aligned}\sigma_{H8} &= \sigma_{v8} \cdot K_{pD} + 2c_D \sqrt{K_{pD}} \\ &= (36 + 7,6 \cdot D) \cdot 2,78 = 100,08 + 21,13D \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

#### 4. Menghitung Tekanan Tanah Horizontal

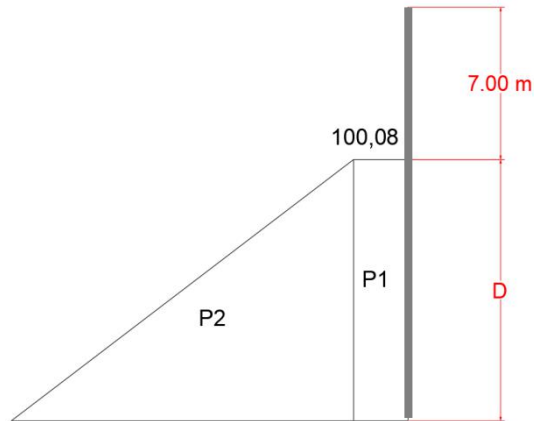
\*\* Aktif



**Gambar 4.16** Tekanan Tanah Aktif *Long Term*

$$\begin{aligned}
 A1 &= 1,95 \times 2 &= 3,9 &\text{ kN/m'} \\
 A2 &= 0,5 \times (12,87-1,95) \times 2 &= 10,92 &\text{ kN/m'} \\
 A3 &= 9 \times 2 &= -18 &\text{ kN/m'} \\
 A4 &= 0,5 \times (45-9) \times 2 &= -36 &\text{ kN/m'} \\
 A5 &= 28,29 \times 1 &= 28,29 &\text{ kN/m'} \\
 A6 &= 0,5 \times (30,83-28,29) \times 1 &= 1,27 &\text{ kN/m'} \\
 A7 &= 30,83 \times 2 &= 61,66 &\text{ kN/m'} \\
 A8 &= 0,5 \times (32,54-30,83) \times 2 &= 1,71 &\text{ kN/m'} \\
 A9 &= 32,54 \times D &= 32,54D &\text{ kN/m'} \\
 A10 &= 0,5 \times (32,54+2,74D-32,54) \times D &= 1,37D^2 &\text{ kN/m'}
 \end{aligned}$$

\*\* Pasif



**Gambar 4.17** Tekanan Tanah Pasif *Long Term*

$$P1 = 100,08 \times D = 100,08D \text{ kN/m'}$$

$$P2 = 0,5 \times (100,08 + 21,13D - 100,08) \times D = 10,57D^2 \text{ kN/m'}$$

## 5. Perhitungan Momen

**\*\* Aktif****Tabel 4.18** Perhitungan Momen Aktif *Long Term*

No	Pa (kN)	Jarak ke titik O			Ma (kNm)			
					D <sup>3</sup>	D <sup>2</sup>	D	
A1	3.90	6.00	+	D	23.40			3.9
A2	10.92	5.67	+	D	61.92			10.92
A3	-18.00	4.00	+	D	-72.00			-18
A4	-36.00	4.30	+	D	-154.80			-36
A5	28.29	2.50	+	D	70.73			28.29
A6	1.27	2.33	+	D	2.96			1.27
A7	61.66	1.00	+	D	61.66			61.66
A8	1.71	0.67	+	D	1.15			1.71
A9	32.54 D			0,5D	0.00	16.27		
A10	1.37 D <sup>2</sup>			0,33D	0.00	0.45		
<b>Total Momen</b>					<b>-4.99</b>	<b>0.45</b>	<b>16.27</b>	<b>53.75</b>

Keterangan : D = panjang penanaman *cylinder pile*

$$\text{Persamaan Aktif: } \sum Ma = 0,45D^3 + 16,27D^2 + 53,75D - 4,99$$

**\*\* Pasif****Tabel 4.19** Perhitungan Momen Pasif *Long Term*

No	Pp (kN)	Jarak ke titik O			Mp (kNm)			
					D <sup>3</sup>	D <sup>2</sup>	D	
P1	(-)100.08 D		+	0.5 D		-50.04		
P2	(-)10.57 D <sup>2</sup>		+	0.33 D	-3.49			
<b>Total Momen</b>					<b>-3.49</b>	<b>-50.04</b>	<b>0.00</b>	

Keterangan : D = panjang penanaman *cylinder pile*

$$\text{Persamaan Pasif: } \sum Mp = -3,49D^3 - 50,04D^2$$

6. Perhitungan Kedalaman *Cylinder Pile* (D)

Perhitungan kedalaman *cylinder pile* didapatkan dengan persamaan  $\sum M = 0$ , sehingga :

$$\begin{aligned} \sum M &= \sum Ma + \sum Mp \\ &= 0,45D^3 + 16,27D^2 + 53,75D - 4,99 - 3,49D^3 - 50,04D^2 \end{aligned}$$



$$= -3,04D^3 - 33,77D^2 + 53,75D - 4,99$$

Setelah dihitung menggunakan rumus abc, didapatkan nilai  $D=1,32$  m. Direncanakan dengan  $SF = 2,5$ , maka kedalaman *cylinder pile* :  $1,32 \times 2,5 = 3,3$  m  $\approx 4$  m. Dengan demikian, panjang total dari *cylinder pile* adalah panjang diatas tanah ( $h_1$ ) + kedalaman penanaman ( $D$ ) =  $7 + 4 = 11$  m. Karena preliminary sebelumnya memenuhi, maka dimensi dapat dipakai yaitu 24 m.

Dari kedua kondisi ini, digunakan perencanaan pada kondisi *short term* karena sudah mengakomodasi kondisi *long term*. Sehingga didapatkan bahwa panjang penanaman yang digunakan ialah 17m.

#### 4.7 Perhitungan Letak Jepit *Cylinder Pile*

Sebelum melakukan permodelan, diperlukan untuk menghitung letak titik jepit ( $Z_f$ ) pada *cylinder pile*. Pada perhitungan manual ini *cylinder pile* didesain dengan panjang 24 m. Untuk menghitung letak titik jepit ( $Z_f$ ), digunakan rumus dibawah ini :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{nh}}$$

$$Z_f = 1,8T$$

Tanah lanau (kohesif), nilai  $nh$  yang digunakan adalah  $8033 \text{ kN/m}^3$ . Untuk nilai  $nh$  lebih lengkap dapat dilihat pada **tabel 3.4**.

$$E_p = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{52} = 33892 \text{ MPa}$$

$$I_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi(1200^4 - 900^4)}{64} = 6,95 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{33892 \times 6,95 \times 10^{10}}{0,008}} = 3117 \text{ mm} = 3,1 \text{ m}$$

$Z_f = 1,8 \cdot 3,1 = 6 \text{ m}$  dari dasar *cylinder pile*.

#### 4.8 Analisa Perhitungan Statis *Cylinder Pile*

Sebelum merencanakan desain *cylinder pile* dengan beban dinamis, perlu dihitung terlebih dahulu akibat beban statis atau tanpa gempa. Sebagai perbandingan perhitungan, maka digunakan 3 cara yaitu menggunakan perhitungan analitis, permodelan Plaxis dan permodelan SAP 2000.

##### 4.8.1 Perhitungan Statis Analitis

###### 1. Menghitung Tekanan Tanah

Dari sub bab 4.6.2 pada kondisi *short term* didapatkan,

- Tekanan gaya aktif ( $P_a$ ) = 3665 kN
- $y_a$  dari dasar *cylinder pile* = 6,9 m
- Tekanan gaya pasif ( $P_p$ ) = 3568,3 kN
- $y_p$  dari dasar *cylinder pile* = 6,5 m

###### 2. Tekanan Air

Tekanan air pada perhitungan statis dianggap nol karena muka air diantara kedua sisi memiliki ketinggian yang sama sehingga saling mengurangi antara tekanan air pasif dan aktif.

###### 3. Menghitung Tekanan Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang dalam kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking wave*) digunakan persamaan Morison (1950) yang

terdapat pada buku *Structural Dynamics (Theory and Applications)*, Mc Dougal.

Total gaya horizontal yang terjadi pada struktur *cylinder pile* adalah :

$$F_x = F_{d \max} |\cos \omega t| \cos \omega t - F_{i \max} \sin \omega t$$

Dimana :

$$F_{d \max} = \frac{1}{16} \rho g C_d D H^2 \frac{\sinh(2kh) + 2kh}{\sinh(2kh)}$$

$$F_{d \max} = \frac{1}{16} \times 1025 \times 9,81 \times 1 \times 1,2 \times 0,5^2 \frac{\sinh(2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96) + 2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96}{\sinh(2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96)}$$

$$F_{d \max} = \frac{1}{16} \times 1025 \times 9,81 \times 1 \times 1,2 \times 0,5^2 \frac{\sinh(2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96) + 2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96}{\sinh(2 \frac{2\pi}{61,88} 0,96)}$$

$$F_{d \max} = 188,54 \frac{0,196 + 0,195}{0,196}$$

$$= 376,12 \text{ kg} = 0,37612 \text{ ton}$$

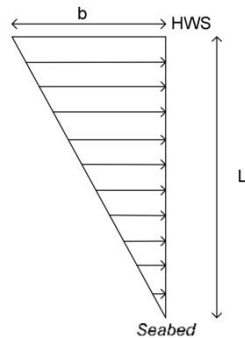
$$F_{i \max} = \frac{\pi}{8} \rho g C_m D^2 H \tanh(kh)$$

$$F_{i \max} = \frac{\pi}{8} \times 10,25 \times 9,81 \times 1,7 \times 1,2^2 \times 0,5 \tanh(\frac{2\pi}{61,88})$$

$$F_{i \max} = 48,33 \times 0,101 = 4,88 \text{ kg} = 0,00488 \text{ ton}$$

$$F_x = 376,12 |\cos \frac{2\pi}{6,4} t| \cos \frac{2\pi}{6,4} t - 4,88 \sin \frac{2\pi}{6,4} t$$

Untuk mendapatkan gaya akibat gelombang ( $F_x$ ) yang maksimal, dimasukkan  $t = 0$  detik ke persamaan. Sehingga didapatkan nilai  $F_x = 0,376$  ton.



**Gambar 4.18** Distribusi Beban Gelombang

Besarnya  $b$  dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$b = \frac{a \times 2}{L}$$

Dimana,

$a$  = besar beban hasil perhitungan

$L$  = panjang tiang dari seabed hingga HWS

$b$  = besar beban distribusi

$$b = \frac{0,376 \times 2}{3,08}$$

$$= \underline{0,244 \text{ t/m}}$$

Seperti pada perhitungan beban gelombang diatas, yang didapatkan beban sebesar 0,376 ton dan bekerja

dari seabed hingga HWS dengan letak titik pusatnya  $(2/3)L = 2$  m dari seabed.

4. Momen yang terjadi pada titik jepit

$$\Sigma M = (P_a \times y_a) - (P_p \times y_p) - (a \times y_g)$$

$$\Sigma M = (3665 \times 0,9) - (3568,3 \times 0,5) - (3,76 \times 15,5)$$

$$\Sigma M = 1456,07 \text{ kNm}$$

#### 4.8.2 Permodelan Statis dengan Plaxis 2D

Pada permodelan menggunakan Plaxis 2D, terdapat gaya-gaya axial tambahan yaitu *copping beam*. Selain itu surcharge  $15 \text{ kN/m}^2$  dan *rubble stone* juga dimasukkan. Untuk besarnya *copping beam* di tunjukkan pada perhitungan dibawah ini :

Beban *copping beam* diperhitungkan menjadi beban axial terpusat diatas *cylinder pile*, sehingga beratnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_{CB} &= \rho \times l \times b \times t \\ &= 2400 \times ((2 \times 1,38 \times 1,5) + (0,5 \times 1,38 \times 0,3)) \\ &= 10432,8 \text{ kg} = 10,43 \text{ ton} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan permodelan plaxis 2D seperti yang telah di jelaskan pada Bab 3, didapatkan hasil :

1. Fase 1

Pada saat pemancangan *cylinder pile* didapatkan gaya dalam sebesar :

Momen : -488,08 kNm/m  
Gaya Geser : -186,38 kN/m  
Gaya Axial : -352,82 kN/m

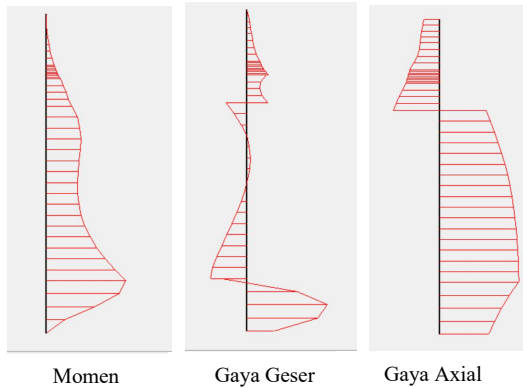


**Gambar 4.19** Analisa Statis Fase 1

## 2. Fase 2

Setelah pemancangan *cylinder pile* pada fase, selanjutnya dilakukan pemberian *copping beam* dan *rubble stone*. Fase 2 ini memiliki gaya dalam sebesar :

Momen : -401,75 kNm/m  
Gaya Geser : -153,15 kN/m  
Gaya Axial : -500,11 kN/m

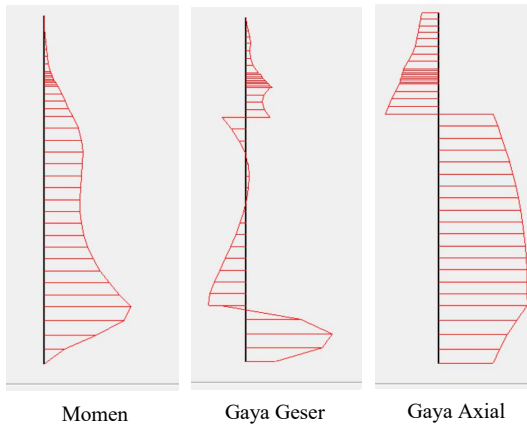


**Gambar 4.20** Analisa Statis Fase 2

### 3. Fase 3

Pada fase 3 ini diberi tambahan beban gelombang dan *surcharge* sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$ . Sehingga didapatkan gaya dalam sebesar :

Momen :  $-428,30 \text{ kNm/m}$   
 Gaya Geser :  $-162,72 \text{ kN/m}$   
 Gaya Axial :  $-532,568 \text{ kN/m}$



**Gambar 4.21** Analisa Statis Fase 3

Selain hasil diatas, didapatkan pula gaya dalam envelope yang terjadi pada *cylinder pile* dengan besar momen  $-426,30 \text{ kNm/m}$ , gaya geser  $-162,11 \text{ kN/m}$  dan gaya axial  $-530,75 \text{ kN/m}$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.22.

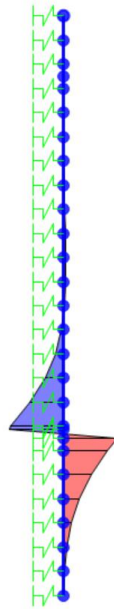




**Gambar 4.22** Analisa Plaxis Statis Envelope

#### 4.8.3 Perhitungan Statis dengan SAP 2000

Selain menggunakan analisa Plaxis 2D, dilakukan pula pendekatan sebagai bahan perbandingan yaitu menggunakan software SAP 2000. Pada analisa tersebut dengan beban berupa *copping beam*, tekanan air dan tekanan tanah saat statis atau tidak terjadi gempa. Dari analisa tersebut didapatkan momen sebesar 560,32 kNm.



**Gambar 4.23** Bidang Momen Analisa Statis di SAP 2000

#### **4.9 Analisa Perhitungan Dinamis *Cylinder Pile***

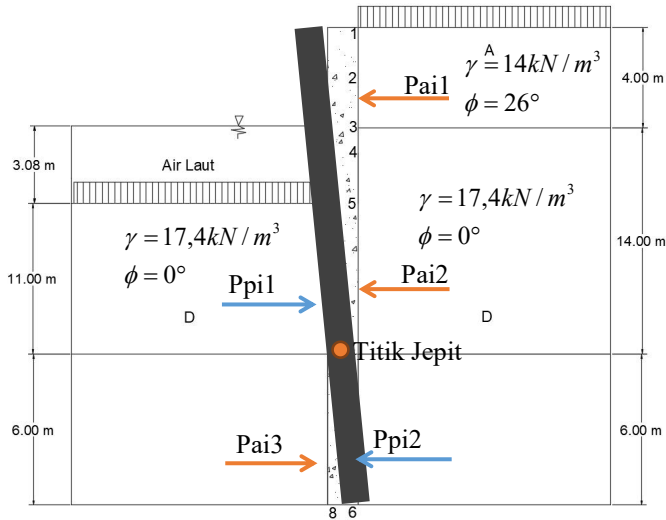
Pada tugas akhir ini, yang akan dihitung ialah akibat beban dinamis karena pada perencanaan sebelumnya tidak dipertimbangkan akibat terjadinya gempa. Seperti pada analisa statis, dilakukan 3 cara sebagai perbandingan yaitu analitis, permodelan Plaxis 2D dan permodelan SAP 2000.

##### **4.9.1 Perhitungan Dinamis Analitis**

Pada perhitungan dinamis ini, kondisi tanah di sederhanakan dan digunakan teori Coulomb. Beberapa data yang dipergunakan dalam perhitungan sub-bab ini antara lain :

Koefisien seismik ( $k$ ) = 0,225

Sudut gempa ( $\theta$ ) =  $\tan^{-1} k = \tan^{-1} 0,225 = 12,68^\circ$



**Gambar 4.24** Penyederhanaan Lapisan Tanah Analisa Dinamis

## 1. Tekanan Tanah Aktif saat Gempa

a. Koefisien Tanah saat Gempa ( $K_{ai}$  dan  $K_{pi}$ )

**\*\* Aktif**

- Tanah A

$$K_{ai} A = \frac{\cos^2(26 - 0 - 12,68)}{\cos 12,68 \cos^2 0 \cos(20 + 0 + 12,68) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20 + 26) \sin(26 - 0 - 12,68)}{\cos(20 + 0 + 12,68) \cos(0 - 0)}} \right]^2}$$

$$K_{ai} A = \frac{0,95}{0,976 \cdot 1,0 \cdot 84,2} = 0,58$$

- Tanah D

$$K_{ai}D = \frac{\cos^2(0-0-12,68)}{\cos 12,68 \cos^2 0 \cos(20+0+12,68) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(0+20)\sin(0-0-12,68)}{\cos(20+0+12,68)\cos(0-0)}} \right]^2}$$

$$K_{ai}D = \frac{0,95}{0,98.1.0,84.1} = 1,15$$

**\*\*\* Pasif**

-Tanah D

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(0+0-12,68)}{\cos 12,68 \cos^2 0 \cos(20+0-12,68) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(0-20)\sin(0+0-12,68)}{\cos(20+0-12,68)\cos(0-0)}} \right]^2}$$

$$K_{pi} = \frac{0,95}{0,98.1.0,99.0,52} = 1,88$$

b. Tekanan Tanah

**\*\*\* Aktif**

-Pail

$$P_{ai}1 = \frac{1}{2} k_{ae} \gamma_{eff} H^2 (1-k) = \frac{1}{2} \cdot 0,58 \cdot (14-10)4^2 (1-0,225) = 14,38 kN / m$$

$$P_a1 = \frac{1}{2} k_a \gamma_{eff} H^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,39 \cdot (14-10)4^2 = 12,48 kN / m$$

$$\Delta P_{ai}1 = P_{ai} - P_a = 14,38 - 12,48 = 1,9 kN / m$$

Dengan resultan,

$$h_1 = \frac{P_a \cdot H / 3 + \Delta P_{ae} (0,6H)}{P_{ae}} = \frac{12,48 \cdot 4 / 3 + 1,9(0,6 \cdot 4)}{14,38} = 1,47 m$$

-Pai2

$$P_{ai2} = \frac{1}{2} k_{ae} \gamma_{eff} H^2 (1-k) = \frac{1}{2} \cdot 1,15 \cdot (17,4-10) 14^2 (1-0,225) = 646,33 kN / m$$

$$P_a = \frac{1}{2} k_a \gamma_{eff} H^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot (17,4-10) 14^2 = 261 kN / m$$

$$\Delta P_{ai} = P_{ai} - P_a = 646,33 - 261 = 385,33 kN / m$$

Dengan resultan,

$$h = \frac{P_a \cdot H / 3 + \Delta P_{ae} (0,6H)}{P_{ae}} = \frac{261 \cdot (14 / 3) + 385,33 (0,6 \cdot 14)}{646,33} = 6,89 m$$

-Pai3

$$P_{ai3} = \frac{1}{2} k_{ae} \gamma_{eff} H^2 (1-k) = \frac{1}{2} \cdot 1,15 \cdot (17,4-10) 6^2 (1-0,225) = 118,7 kN / m$$

$$P_a = \frac{1}{2} k_a \gamma_{eff} H^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot (17,4-10) 6^2 = 47,95 kN / m$$

$$\Delta P_{ai} = P_{ai} - P_a = 118,7 - 47,95 = 70,75 kN / m$$

Dengan resultan,

$$h = \frac{P_a \cdot H / 3 + \Delta P_{ae} (0,6H)}{P_{ae}} = \frac{47,95 \cdot (6 / 3) + 70,75 (0,6 \cdot 6)}{118,7} = 0,87 m$$

**\*\* Pasif**

-Ppi1

$$P_{pi1} = \frac{1}{2} k_{pi} \gamma_{eff} H^2 (1-k) = \frac{1}{2} \cdot 1,88 \cdot (17,4-10) \cdot 11^2 \cdot (1-0,225) = 652,3 kN / m$$

Dengan resultan,

$$h_{p1} = \frac{H}{3} = \frac{11}{3} = 3,67 m$$

-Ppi2

$$P_{pi1} = \frac{1}{2} k_{pi} \gamma_{eff} H^2 (1 - k) = \frac{1}{2} \cdot 1,88 \cdot (17,4 - 10) \cdot 6^2 \cdot (1 - 0,225) = 194,1 \text{ kN} / \text{m}$$

dengan resultan,

$$h_{p1} = \frac{H}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ m}$$

### 3. Efek Hidrodinamik

Air saat terjadi gempa menyebabkan efek hidrodinamik. Saat muka air laut sama dengan muka air tanah dan dalam keadaan diam, tekanan air saling mengurangi dari kedua sisi. Namun, saat terjadi gempa tekanan air di kedua sisi saling menambahkan. Hal ini terjadi karena disaat gempa, ada kemungkinan air dari kedua sisi bergerak ke arah yang sama. Keadaan ini terjadi diatas panjang penanaman, dimana sisi belakang adalah tanah reklamasi sedangkan di sisi yang lainnya hanya air laut. Tentunya hal ini rentan akan menggulingnya *cylinder pile* ke arah laut. Tekanan air akibat gempa sedalam y ini dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_1 = \frac{7}{8} k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} \quad \text{dan} \quad P_2 = 0,6125 k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}}$$

Dimana,

$\gamma_w$  = Berat jenis air laut (10,3 kN/m<sup>3</sup>)

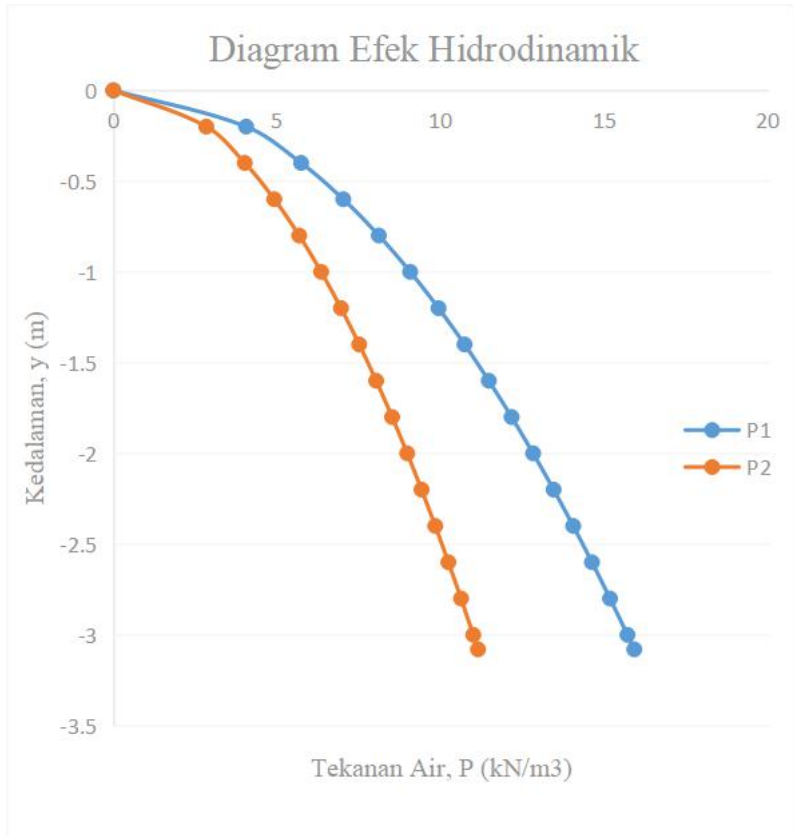
h = Jarak permukaan air hingga dasar laut (3,08 m)

y = Jarak dari permukaan ke titik tinjau (m)

$k_h$  = Koefisien Gempa Horizontal (0,225)

**Tabel 4.20** Rekapitulasi Hasil Perhitungan P1 dan P2

<b>Kedalaman Air dari Permukaan, y (m)</b>	<b>kh</b>	<b>P1 (kN/m)</b>	<b>P2 (kN/m)</b>
0	0.225	0.00	0.00
0.2	0.225	4.06	2.84
0.4	0.225	5.74	4.01
0.6	0.225	7.02	4.92
0.8	0.225	8.11	5.68
1	0.225	9.07	6.35
1.2	0.225	9.93	6.95
1.4	0.225	10.73	7.51
1.6	0.225	11.47	8.03
1.8	0.225	12.17	8.52
2	0.225	12.83	8.98
2.2	0.225	13.45	9.42
2.4	0.225	14.05	9.83
2.6	0.225	14.62	10.24
2.8	0.225	15.17	10.62
3	0.225	15.71	11.00
3.08	0.225	15.92	11.14



**Gambar 4.25** Diagram Efek Hidrodinamik

Selama terjadi gempa, tekanan tanah pada *sea wall* dari sisi laut akan direduksi dengan  $P_{1(w)}$  sedangkan dari sisi darat akan meningkat sebesar  $P_{2(w)}$ . Sehingga, besar gaya akibat kedua sisi air tersebut menjadi :

$$\begin{aligned}
 P_w &= P_{1(w)} + P_{2(w)} \\
 &= 0,9917 k_h \gamma_w h^2
 \end{aligned}$$



$$= 0,9917 \cdot (0,225) \cdot 10,2 \cdot 3,08^2$$

$$= 21,59 \text{ kN/m}$$

$$\text{Letak resultan } (\bar{y}) = 0,6 h = 0,6 \cdot 3,08 = 1,848 \text{ m}$$

#### 4. Momen yang Terjadi pada titik jepit

$$\sum M = Pw.y + Pa1.y + Pa2.y + Pa3.y - Pa1.y - Pa2.y - Pa3.y$$

$$\sum M = (21,59 \cdot 12,85) + (14,38 \cdot 15,47) + (646,33 \cdot 6,89)$$

$$+ (118,7 \cdot 5,13) - (652,3 \cdot 3,67) - (194,1 \cdot 4)$$

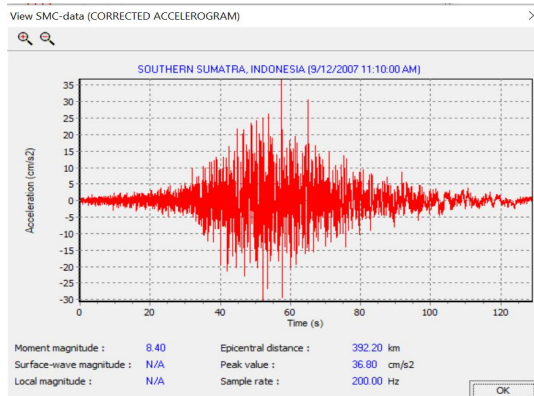
$$\sum M = 2391,7 \text{ kNm/m}$$

#### 4.9.2 Analisis Struktur Dinamis dengan Plaxis 2D

Dalam analisa dinamis menggunakan Plaxis, hasil dari fase 1,2, dan 3 sama dengan analisa statis, namun yang membedakan adalah adanya fase 4 dimana beban gempa mulai bekerja. Time historis gempa yang di modelkan berjumlah 10 yang diperoleh dari website [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) dengan format file .smc. Sehingga, hasil momen dari kesepuluh time historis tersebut akan dirata-rata. Berikut merupakan hasil dari analisa plaxis 2D.

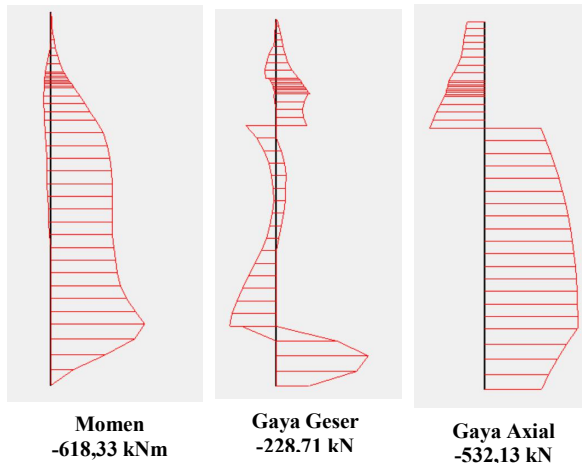
### 1. Time Historis 1

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Sumatera Selatan dengan percepatan puncak  $36,8 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.26** Time Historis 1

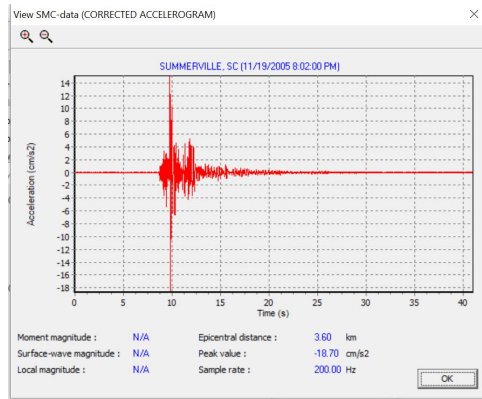
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 60 detik.



**Gambar 4.27** Analisa Plaxis Time Historis 1

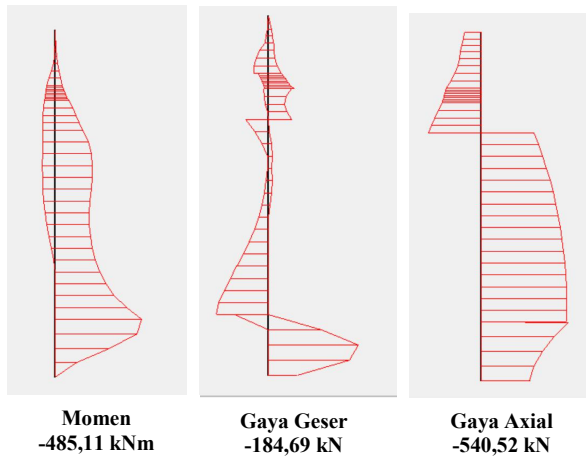
## 2. Time Historis 2

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Summerville dengan percepatan puncak  $18,7 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.28** Time Historis 2

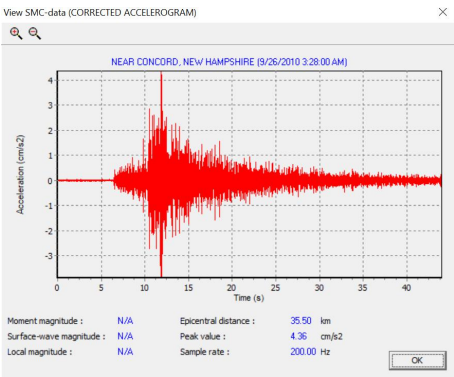
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 13 detik.



**Gambar 4.29** Analisa Plaxis Time Historis 2

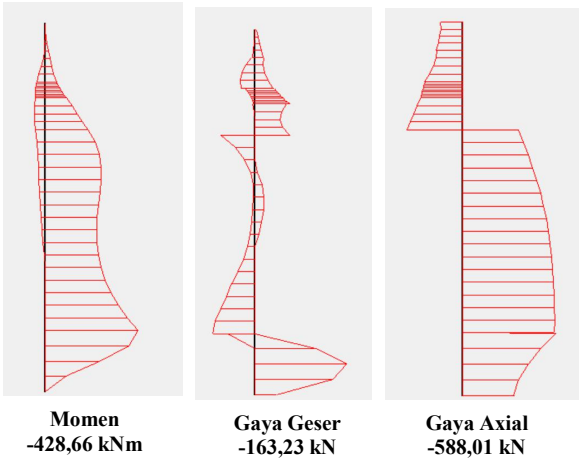
3. Time Historis 3

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Near Concord, New Hampshire dengan percepatan puncak  $4,36 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.30** Time Historis 3

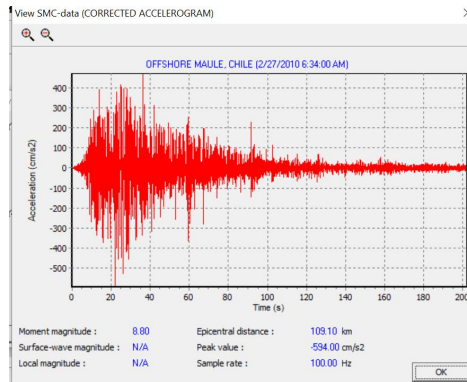
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 13 detik.



**Gambar 4.31** Analisa Plaxis Time Historis 3

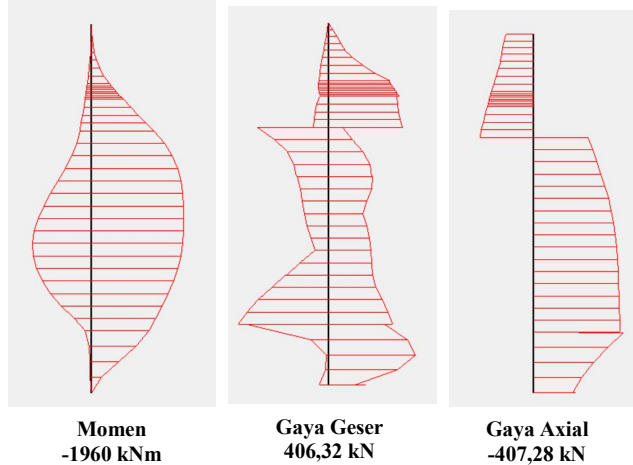
#### 4. Time Historis 4

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Near Concord, New Hampshire dengan percepatan puncak  $594,00 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.32** Time Historis 4

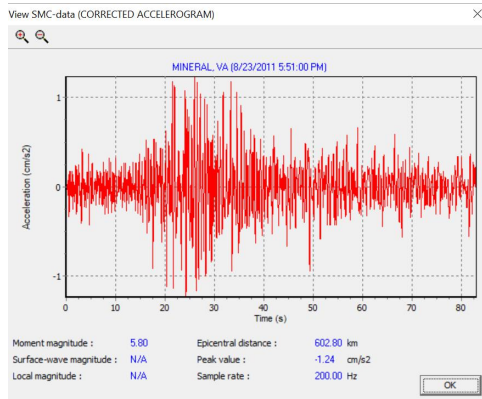
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 30 detik.



**Gambar 4.33** Analisa Plaxis Time Historis 4

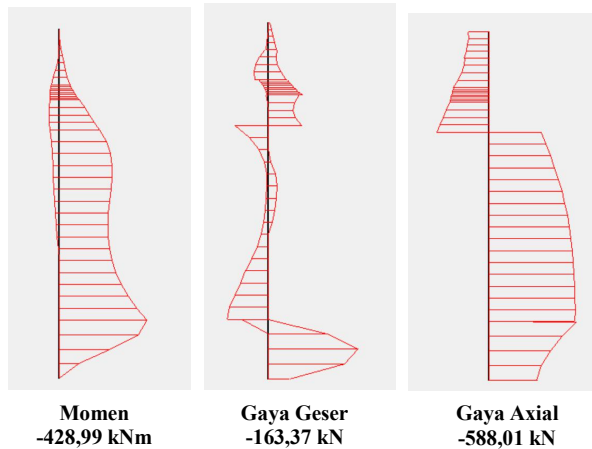
### 5. Time Historis 5

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Mineral dengan percepatan puncak  $1,24 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.34** Time Historis 5

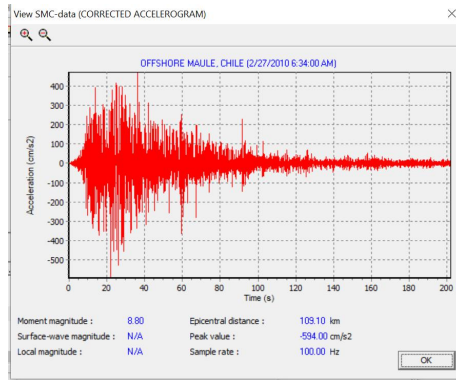
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 10 detik.



**Gambar 4.35** Analisa Plaxis Time Historis 5

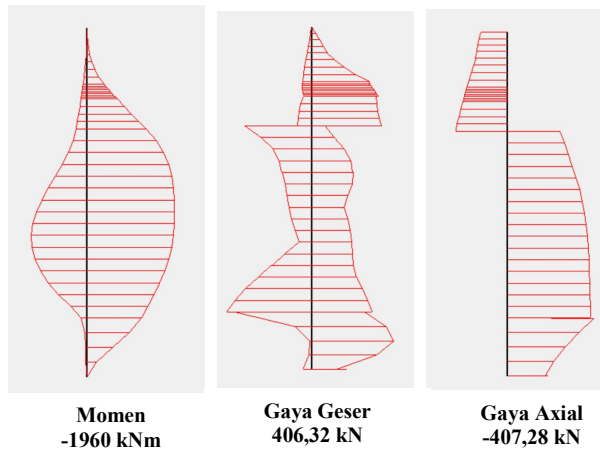
## 6. Time Historis 6

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Pffshore, Chile dengan percepatan puncak 594,00  $\text{cm/s}^2$ .



**Gambar 4.36** Time Historis 6

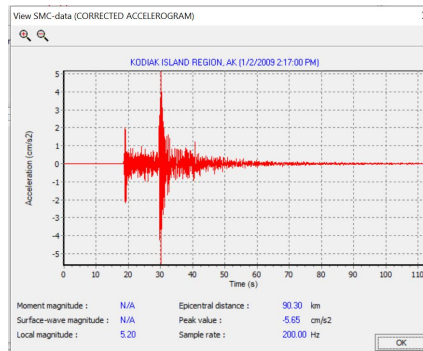
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 25 detik.



**Gambar 4.37** Analisa Plaxis Time Historis 6

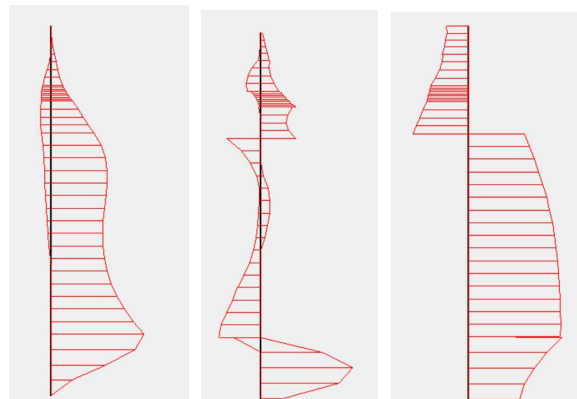
## 7. Time Historis 7

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Pulau Kodiak dengan percepatan puncak  $5,65 \text{ cm/s}^2$



**Gambar 4.38** Time Historis 7

Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 35 detik.



**Momen**  
**-428,66 kNm**

**Gaya Geser**  
**-163,23 kN**

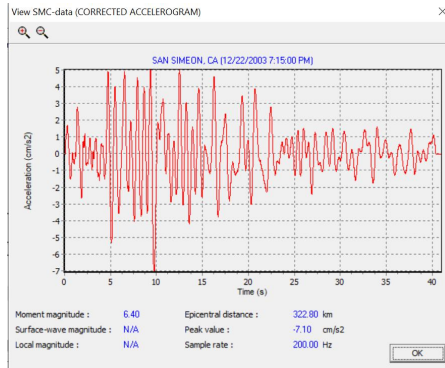
**Gaya Axial**  
**-588,01 kN**

**Gambar 4.39** Analisa Plaxis Time Historis 7



## 8. Time Historis 8

Time historis ini merupakan gempa dari daerah San Simeon dengan percepatan puncak 7,1  $\text{cm/s}^2$



**Gambar 4.40** Time Historis 8

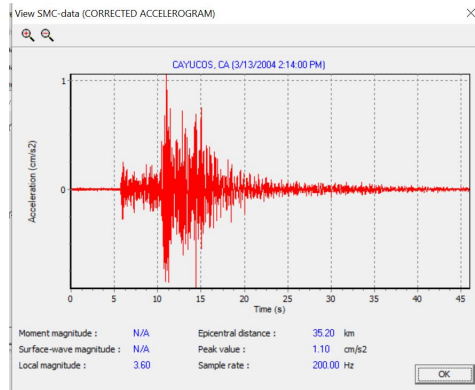
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 10 detik.



**Gambar 4.41** Analisa Plaxis Time Historis 8

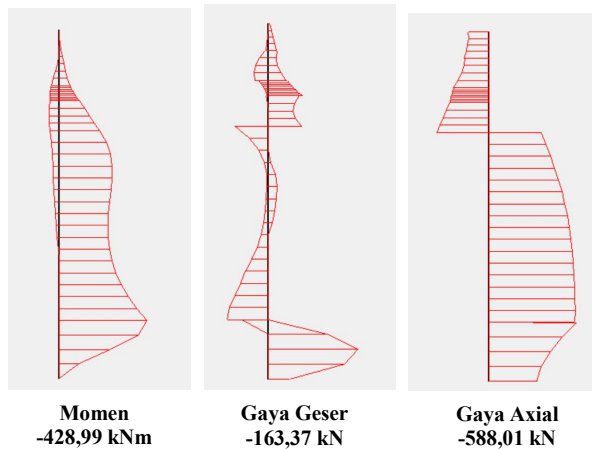
### 9. Time Historis 9

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Cayucos dengan percepatan puncak  $1,10 \text{ cm/s}^2$ .



**Gambar 4.42** Time Historis 9

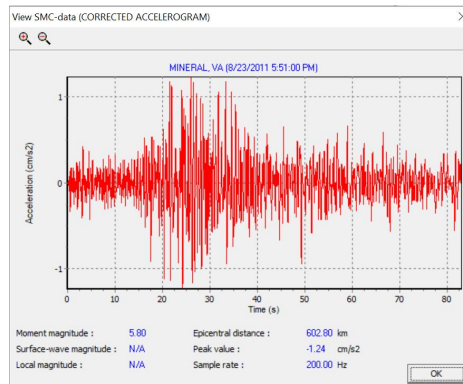
Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 13 detik.



**Gambar 4.43** Analisa Plaxis Time Historis 9

### 10. Time Historis 10

Time historis ini merupakan gempa dari daerah Cayucos dengan percepatan puncak 1,10  $\text{cm/s}^2$ .



**Gambar 4.44** Time Historis 10

Waktu getar yang akan dianalisa ialah selama 13 detik.



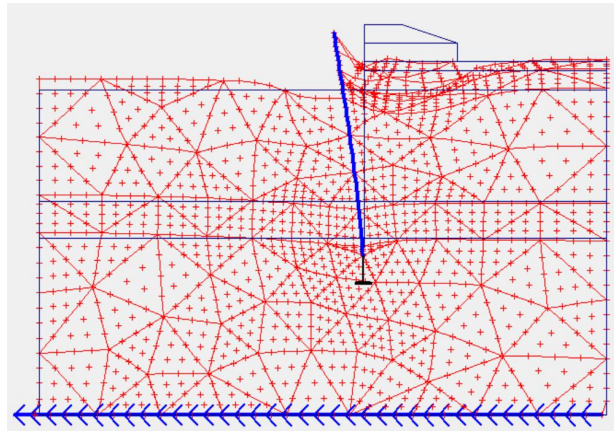
**Gambar 4.45** Analisa Plaxis Time Historis 10

Dari 10 hasil analisa menggunakan Plaxis 2D, didapatkan rekapitulasi seperti pada tabel 21 dan didapatkan nilai rata-ratanya yaitu momen 759,639 kNm, gaya geser 220,583 kN dan gaya axial 541.533 kN.

**Tabel 21.** Rekapitulasi Analisa Time Historis

No	Analisa Plaxis 2D	Momen (kNm)	Gaya Geser (kN)	Gaya Axial (kN)
1	Time Historis 1	618.33	228.71	532.13
2	Time Historis 2	485.11	184.69	540.52
3	Time Historis 3	428.66	163.23	588.01
4	Time Historis 4	1960	406.32	407.28
5	Time Historis 5	428.99	163.37	588.01
6	Time Historis 6	1960	406.32	407.28
7	Time Historis 7	428.66	163.23	588.01
8	Time Historis 8	428.66	163.22	588.07
9	Time Historis 9	428.99	163.37	588.01
10	Time Historis 10	428.99	163.37	588.01
Rata-rata		<b>759.639</b>	<b>220.583</b>	<b>541.533</b>

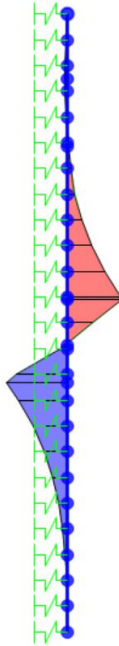
Hampir kesemua time historis yang di analisa memiliki deformasi struktur seperti pada gambar 4.36.



**Gambar 4.46** Bentuk Deformasi *Mesh* di Plaxis 2D

#### 4.9.3 Perhitungan Dinamis dengan SAP 2000

Selain menggunakan analisa Plaxis 2D, dilakukan pula pendekatan sebagai bahan perbandingan yaitu menggunakan software SAP 2000. Pada analisa tersebut dengan beban berupa *copping beam*, tekanan akibat efek hidrodinamik dan tekanan tanah saat gempa. Dari analisa tersebut didapatkan momen sebesar 782,35 kNm.



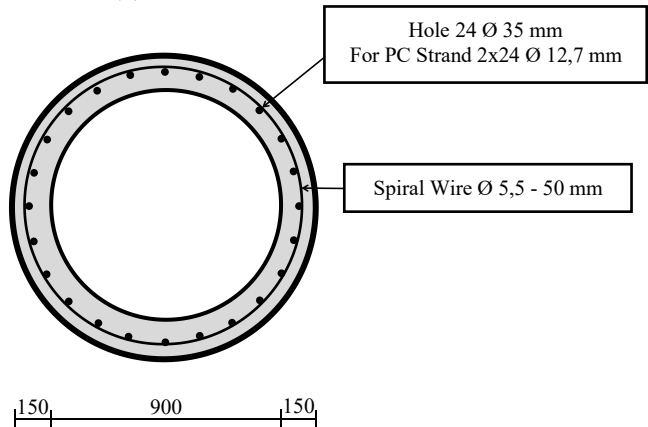
**Gambar 4.47** Bidang Momen Analisa Dinamis di SAP 2000

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V DESAIN STRUKTUR

### 5.1 Karakteristik *Cylinder Pile*

Analisa perhitungan momen lentur pada desain *cylinder pile* rencana dihitung menggunakan data penampang berikut.  
Tebal Selimut Beton (c) = 50 mm



**Gambar 5.1** Penampang *Cylinder Pile*

Data penampang:

$f'_c$	= 52	Mpa	$d_2$	= 900	mm
$f_{pu}$	= 2000	Mpa	Cover	= 50	mm
$f_o$	= 1500	Mpa	$n_p$	= 48	Tendon
$f_{yp}$	= 1997	Mpa	$d_p$	= 12,7	mm
$f_{yh}$	= 540	Mpa	$d_s$	= 5,5	mm
$E_s$	= $2 \cdot 10^5$	Mpa	$s$	= 150	mm
$d_1$	= 1200	mm			

## 5.2 Cek Rasio Penulangan

Dari data teknis tersebut rasio penulangan *cylinder pile* dapat dihitung sebagai berikut,

Luas penampang beton,

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{luar}^2 - D_{dalam}^2)$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1200^2 - 900^2) = 494800,8 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan prategang (longitudinal),

$$A_s = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s = 48 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 6080,49 \text{ mm}^2$$

Syarat Minimal sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1,

$$0,01 A_g \leq A_{st} \leq 0,06 A_g$$

$$0,01 (494800,8) \leq 6080 \leq 0,06 (494800,8)$$

$$4948 \leq 6080 \leq 39584,064 \text{ (OK)}$$

Volume tulangan spiral tiap jarak spasi spiral. Untuk perhitungan ini digunakan jarak spiral 50mm,

$$V_{sh} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_s^2 \right) \cdot \pi \cdot D_s$$

$$V_{sh} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 \right) \cdot \pi \cdot (1200 - 2 \cdot 75 - 12,7)$$

$$V_{sh} = 412811,3 \text{ mm}^3$$

Volume beton terkekang yang dihitung tiap jarak spasi spiral adalah sebagai berikut,



$$V_{cc} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \right) \cdot s$$

$$V_{cc} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1200 - 2.75 - 12,7)^2 \right) \cdot 50$$

$$V_{cc} = 42254079,15 \text{ mm}^3$$

Setelah mendapatkan luasan dan volume dari beton dan tulangan maka rasio tulangan dapat dihitung sebagai berikut,

Rasio tulangan longitudinal,

$$\rho = \frac{A_s}{A_c}$$

$$\rho = \frac{6080,49}{494800,8} = 0,01$$

Rasio volumetrik tulangan spiral,

$$\rho_s = \frac{V_{sh}}{V_{cc}}$$

$$\rho_s = \frac{412811,3}{42254079,15} = 0,01$$

Persyaratan minimum untuk komponen struktur dengan tegangan tekan rata-rata dalam beton, akibat gaya prategang efektif saja, sama dengan atau lebih besar dari 1,6 MPa,

$$\rho_s = 0,12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

$$\rho_s = 0,12 \frac{52}{540} = 0,01$$

Maka, persyaratan tulangan spiral terpenuhi.

### 5.3 Geometri Penampang

Luas penampang PC Bar,  $A_{sp}$

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 126,68 \text{ mm}^2$$

Lubang PC Bar yang terdapat 2 strand didalamnya memiliki luas,  $A_{lubang}$

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 35^2 = 962,1 \text{ mm}^2$$

Luas penampang beton bruto,  $A_{cg}$

$$A_{cg} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1200^2 - 900^2) = 494800,8 \text{ mm}^2$$

Luas penampang beton netto,  $A_{cn}$

$$A_{cn} = 494800,8 - (24 \times 962,1) = 471470,4 \text{ mm}^2$$

### 5.4 Tegangan Saat *Stressing*

Tulangan pada *cylinder pile* diberi tegangan tarik tiap satuan tulangan sebesar 75%  $f_{pu}$  atau sama dengan 1500 MPa sehingga gaya yang terjadi pada baja sebesar,

$$F = \sigma \cdot A = 1500 \cdot 126,68 = 190020 \text{ N}$$

Tetapi besarnya tegangan pratekan akan berkurang karena terjadi kehilangan gaya prategang yang terjadi pada pc bar. Kehilangan gaya prategang pada hal ini diakibatkan oleh perpendekan elastis beton dihitung sebagai berikut,

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{E_s}{w^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c}}$$

$$n = \frac{200000}{2400^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{52}} = 5,486$$

$$F_i = 190020 \times 48 = 9120960 \text{ N}$$

Maka,

$$\Delta f_s = \frac{n \cdot F_i}{A_c + (n-1) \cdot A_s}$$

$$\Delta f_s = \frac{5,486 \cdot 9120960}{471470,4 + (5,486 - 1) \cdot 126,61.48} = 100.33 \text{ MPa}$$

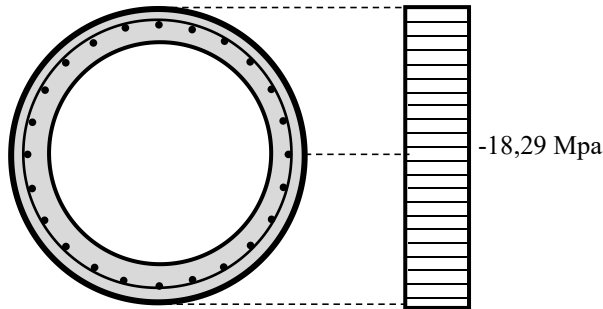
Sehingga tegangan yang terjadi pada baja menjadi

$$\sigma = 1500 - 100.33 = 1399,67 \text{ MPa}$$

Pada penampang beton tegangan yang terjadi dihitung sebagai berikut,

$$f = \frac{F_i}{A_t} = \frac{9120960}{471470,4 + (5,486 - 1) \cdot 126,61.48} = 18,29 \text{ Mpa}$$

Tegangan tekan pada beton yang terjadi akibat tegangan pratarik yang diberikan pada tiap pc bar sebesar 1500 Mpa mengakibatkan tegangan pada beton sebesar 18,29 Mpa ditunjukkan pada gambar 4.2.



**Gambar 5.2** Diagram tegangan pratekan saat peralihan

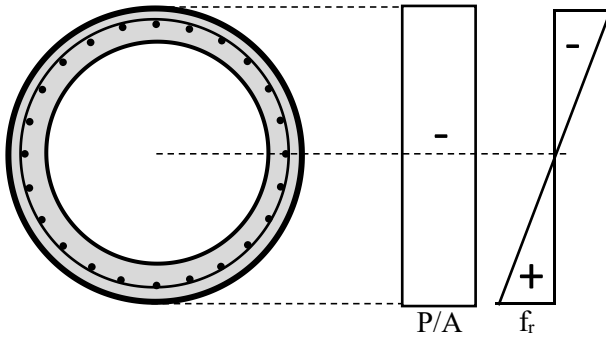
### 5.5 Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan hanya didasarkan pada kondisi *crack*, karena struktur pantai seperti ini tidak boleh terjadi *crack* untuk menghindari tulangan terekspos. (Budek dan Benzoni,2000) .

Momen *crack* terjadi saat serat bawah *cylinder pile* mengalami tegangan tarik sama dengan besarnya kemampuan tegangan tarik beton *cylinder pile*. Pada kondisi ini penampang diasumsikan dalam kondisi elastis. Besarnya kapasitas tarik beton *cylinder pile* adalah,

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62\sqrt{52} = 4,471 \text{ MPa}$$

Momen crack dapat dihitung dengan menambah nilai  $f_r$  dengan tegangan peralihan penampang beton dengan perumusan sebagai berikut,



**Gambar 5.3** Diagram tegangan pratekan saat *crack*

$$M_{cr} = \frac{\left(f_r + \frac{P}{A}\right) \cdot I}{\bar{y}}$$

Dimana,

$$I_g = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot (h_1^4 - h_2^4) + \sum (n-1) \cdot A_s \cdot y_i^2$$

$$I_g = 6960937500 + 3793606188$$

$$I_g = 73.402.981.188,3 \text{ mm}^4$$

$$\bar{y} = 0,5 \cdot 1200 = 600 \text{ mm}$$

$$\frac{P}{A} = 18,29 \text{ MPa}$$

Maka besarnya momen crack adalah,

$$M_{cr} = \frac{(4,471 + 18,29) \cdot 73402981188,3}{600}$$

$$M_{cr} = 2.784.542.091 \text{ N.mm}$$

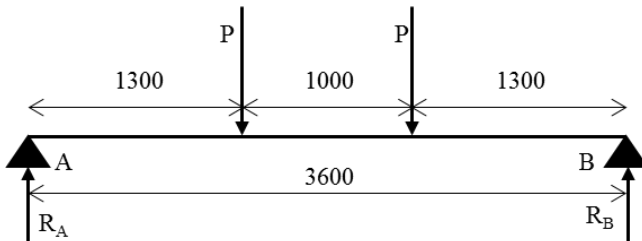
$$M_{cr} = 2784,54 \text{ kN.m}$$

Menghitung kurvatur crack,

$$\varphi_{crack} = \frac{\left( f_r + \frac{P}{A} \right) / E_c}{y}$$

$$\varphi_{crack} = \frac{(4,471 + 18,29) / 36457,5}{600} = 1.10^{-6} \text{ rad/mm}$$

P yang terjadi diperoleh dengan analisa mekanika teknik berikut,



**Gambar 5.4** Statika *simple beam*.

$$P = M_{\max} / 1,3 = 2784,54 / 1,3 = 2141,95 \text{ kN}$$

Lendutan yang terjadi dihitung dengan seperti pembahasan bab 3. Dengan memasukan nilai  $P$ ,  $E$ , dan  $I_g$  didapat lendutan pada tengah bentang sebesar  $\delta = 1,071 \text{ mm}$

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*





## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Pada Struktur *Giant Sea Wall* Jakarta, digunakan *Cylinder pile* memiliki panjang 24 m dengan pembagian panjang penanaman 17 m dan sisanya 7 m. Letak jepit (Zf) berada pada 6 m dibawah struktur *Cylinder Pile*. Dari hasil perhitungan analitik akibat beban statis didapatkan momen terbesarnya 1456,07 kNm/m, untuk permodelan SAP 2000 didapatkan momen 560,32 kNm sedangkan momen envelope terbesar saat permodelan dengan Plaxis 2D ialah -426,30 kNm/m, gaya geser -162,11 kN/m dan gaya axial -530,75 kN/m. Sedangkan analisa beban dinamis juga dilakukan dengan 3 cara yaitu analitis yang didapatkan besar momen 2391,7 kNm/m, perodelan SAP 2000 782,35 kNm dan dari hasil permodelan di Plaxis 2D, didapatkan nilai envelope antara lain momen sebesar -618,33 kNm/m, gaya geser sebesar -228,71 kN/m dan gaya axial sebesar -532,13 kN/m. Hasil tersebut direkapitulasi pada tabel 6.1.

**Tabel 6.1** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen

Metode	Momen Statis (kNm)	Momen Dinamis (kNm)
Analitis	1456,07	2391,7
SAP 2000	560,32	782,35
Plaxis 2D	426,3	759,64

Terdapat perbedaan nilai antara satu metode dengan metode lainnya. Perbedaan nilai ini dikarenakan adanya asumsi permodelan yang berbeda pada tiap metode. Metode permodelan SAP 2000 dan Plaxis 2D hampir sama dikarenakan tanah dimodelkan disekeliling struktur sehingga terdapat gaya pegas tanah yang menahan saat dikenai beban. Namun saat analitis, perhitungan murni hanya akibat beban tanpa adanya koefisien yang mempengaruhi. Ketiga metode ini dilakukan sebagai bahan perbandingan dan dicari

kombinasi yang paling kritis. Sehingga, angka yang dijadikan acuan ialah angka yang menentukan yaitu yang terbesar. Dalam hal ini ialah berasal dari analisa dinamis dengan cara analitik dengan besar momen 2391,7 kNm/m.

Saat dicoba *cylinder pile* dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Diameter luar : 1200 meter
2. Diameter dalam : 900 mm
3. Selimut Beton : 50 mm
4. Jumlah Strand : 48 mm
5. Diameter strand : 12,7 mm
6. Tulangan Spiral : Ø5,5 - 50 mm
7.  $f'_c$  beton : 52 MPa
8.  $f_y$  : 540 MPa

dan dihitung persyaratannya sesuai dengan SNI 2847:2013, didapatkan hasil bahwa persyaratan minimum perbandingan tulangan yaitu 0,01 terpenuhi. Sedangkan karena struktur ini harus bersifat elastis, maka dihitung momen *crack* dari *cylinder pile* tersebut dan didapat momen *crack* sebesar 2784,5 kNm/m dengan lendutan yang terjadi 1,071 mm. Nilai ini lebih dari nilai momen yang terjadi akibat beban dinamis sebelumnya. Sehingga *cylinder pile* dengan spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya dapat dipakai pada struktur *Giant Sea Wall* Jakarta.

## 6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian pada tahap lanjut adalah:

- Untuk melakukan analisis perencanaan dibutuhkan data-data yang akurat sehingga hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan.
- Permodelan elemen hingga *cylinder pile* belum memodelkan *copping beam*.
- Kebutuhan konektor belum dihitung



## **LAMPIRAN**



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. PRIYO SUPROBO, Ms. PhD.  
Dr. Eng. KRIYO SAMBODHO ST., M.Eng

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN CYLINDER PILE UNTUK  
STRUKTUR GIANT SEA WALL  
JAKARTA DENGAN BEBAN DINAMIS

NAMA MAHASISWA

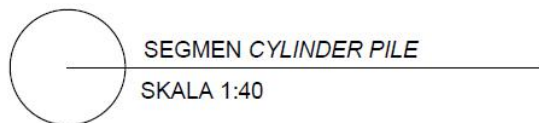
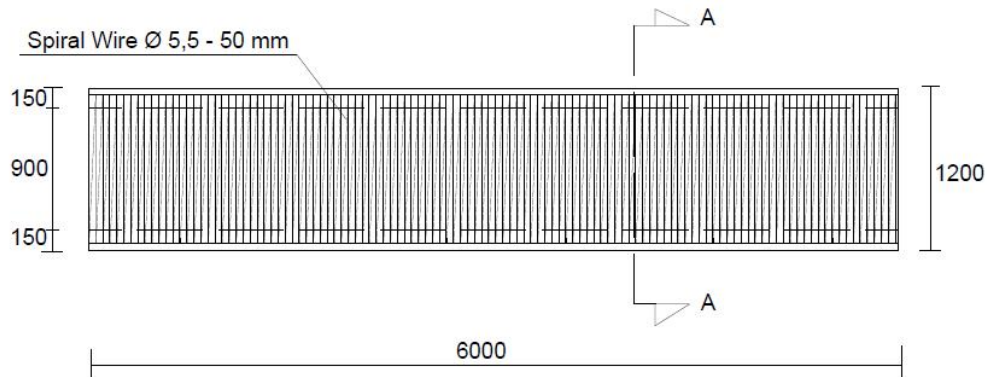
Akmilia Aswarini

NRP

3114100022

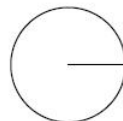
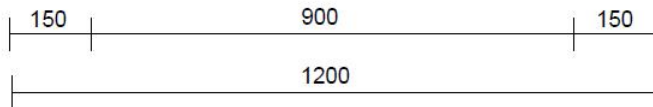
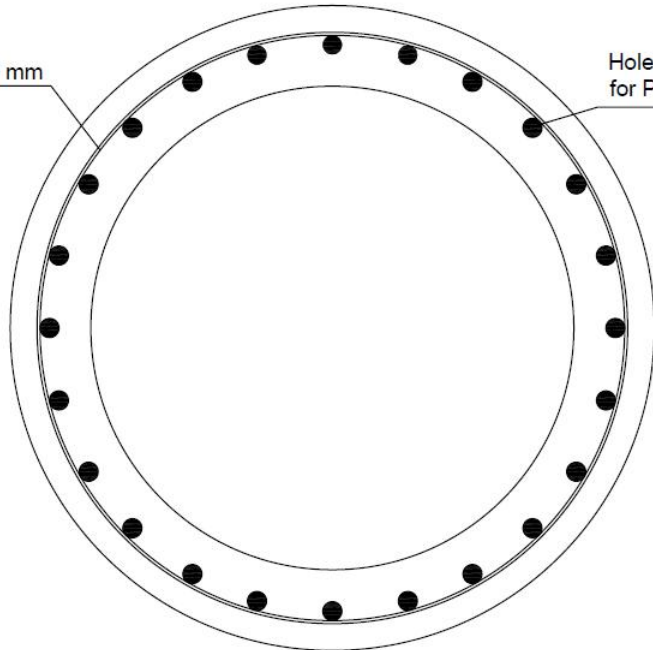
JUDUL GAMBAR

Segmen *Cylinder Pile*



Spiral Wire Ø 5,5 - 50 mm

Hole 24 Ø 35 mm  
for PC Strand 2x24 Ø 12.7 mm



POTONGAN A-A  
SKALA 1:10



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. PRIYO SUPROBO, Ms. PhD.  
Dr. Eng. KRIYO SAMBODHO ST., M.Eng

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN CYLINDER PILE UNTUK  
STRUKTUR GIANT SEA WALL  
JAKARTA DENGAN BEBAN DINAMIS

NAMA MAHASISWA

Akmilia Aswarini

NRP

3114100022

JUDUL GAMBAR

Potongan A-A

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 543R-00. 2000. *Design, Manufacture, and Installation of Concrete Piles*. American Concrete Institute.
- Budek, Andrew, and Gianmario Benzoni. 2009. *Obtaining Ductile Performance From Precast, Prestressed Concrete Piles*. PCI Journal.
- Cubrinovski, Ishihara. 2000. *Liquefaction-Induced Ground Deformation and Damage to Piles in the 1995 Kobe Earthquake*. Proc. SE-40EEE.
- Japanese Geotechnical Society (1998): *Special Issue on Geotechnical Aspects of the January 17 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake, Soils and Foundations*, September 1998.
- JIS A 5373. 2004. *Precast Prestressed Concrete Products*. Japanese Industrial Standart.
- Lin, T. Y., and H. Burns. 1989. **Desain Struktur Beton Prategang**. Jakarta: Erlangga.
- Paul, M., Laman, J. A., & Linzell, D. G. 2005. *Thermally Induced Superstructure Stresses in Prestressed Girder Integral Abutment Bridges*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 287-297.
- Raka, I Gusti Putu. 2013. **Daktalitas Penampang Tiang Pancang Beton Pratekan Pratarik Bulat Berongga Hasil Pemadatan Sentrifugal**. Seminar Nasional IX – 2013 Teknik Sipil ITS Surabaya.



SNI 2847. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. Standart Nasional Indonesia.

Shamoto, Y., M. Sato, Y. Katsura,dkk. 1995. *Case Studies on Liquefaction-Induced Damages to Ground and Pile Foundations During the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake*. Tech. Res. Report of Shimizu Corp., Vol.62, 75-83.

Shamoto, Y., M. Sato, Y. Katsura,dkk. 1996. *A Site Investigation of Post-Liquefaction Lateral Displacement of Pile Foundation in Reclaimed Land*. Tsuchi-to-kiso, Vol. 44, No. 3, Vol. 43-7, 31-33.

Siregar, Yohannes Arief N. 2008. **Evaluasi Daktilitas pada Struktur dan Resuksi Tahan Gempa**. Tesis. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Indonesia. Jakarta

Takase, Tanamura,dkk. 1999. *Seismic Design of Pile Foundation*.QR or RTRI, Vol. 40, No. 3, Oct '99.

Tavio, and Benny Kusuma. 2010. **Studi Analitis Pengaruh Pengekangan Terhadap Kapasitas Interaksi P-M Tiang Pancang Prategang**. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4.

*The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan* (OCDI). 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Jepang.

Tjie-Liong, GOUW,dkk. 2013. **Analisa Beban Gempa pada Dinding Besmen dengan Plaxis 2D**. Pertemuan Ilmiah Tahunan ke 17, HATTI, 13-14 Jan 2013

Tokimatsu, K. and Asaka, Y. (1998): ***Effects of liquefaction-induced ground displacements on pile performance in the 1995 Hyogoken-Nambu earthquake, Special Issue of Soils and Foundations***, September 1998, 163-177.

Turner-Fairbank Highway Research Center. 2006. ***Optimized Sections for High-Strength Concrete Bridge Girders — Effect of Deck Concrete Strength***. McLean: U.S. Department of Transportation-Federal Highway Administration.

Zang, Jian, and Tara C. Hutchinson. 2012. ***Inelastic Pile Behaviour With and Without Liquefaction Effects***. Elsevier.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BIODATA PENULIS**



Akmlia Aswarini,  
Penulis dilahirkan di Banyuwangi 25 Mei 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Darul Falah (Banyuwangi), SD Muhammadiyah 1 Banyuwangi, SMPN 1 Banyuwangi, SMAN 1 Glagah (Banyuwangi). Setelah lulus dari SMAN 1 Glagah (Banyuwangi) tahun 2014, Penulis mengikuti seleksi masuk perguruan tinggi dan diterima di Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114100022. Di departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi struktur. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatanseminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.